



Hinc patriam sustinet

Instituto Superior de Agronomia
Universidade Técnica de Lisboa



Estudo do efeito da luz de exposição na alteração macroscópica de fiambre fatiado embalado

Carolina Pinto Coelho Malaquias

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Alimentar

Orientador: Doutor Manuel José de Carvalho Pimenta Malfeito Ferreira

Co-Orientador: Engenheira Ana Cristina Marques Rijo Carlos Barradas dos Santos
Primo

Juri

Presidente: Doutora Margarida Gomes Moldão Martins, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa

Vogais: Doutor Manuel José de Carvalho Pimenta Malfeito Ferreira, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa

Doutora Teresa de Jesus da Silva Matos, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa

Lisboa, 2011

AGRADECIMENTOS

Terminada esta etapa queria agradecer a todas as pessoas que contribuíram directa ou indirectamente para a conclusão desta fase da minha vida.

Ao meu orientador Professor Manuel Malfeito Ferreira, pela amizade, motivação, ensinamentos e boa disposição transmitidas sem as quais não conseguiria concluir esta dissertação.

À minha co-orientadora Engenheira Ana Cristina Barradas, pela transmissão de conhecimentos e disponibilidade em reunir todos os elementos necessários para a realização da parte prática desta dissertação.

A todos os que me receberam e apoiaram durante o estágio, nomeadamente à Engenheira Ana Rita Marques, Silvia Tereso e António Santos, pela preocupação na integração e disponibilidade.

Ao Sr. Rui Rocha e Engenheiro Pedro Alexandre Rodrigues pela disponibilidade, simpatia e importantes sugestões na alteração das lâmpadas onde foram realizados os testes.

Ao Sr. Luis Matos, Carlos Castro, Casemiro, Zélia pela orientação dada nas lojas e pelos momentos de convívio que fizeram com que o trabalho ficasse mais fácil.

À professora Fernanda Valente pela simpatia e disponibilidade em ajudar no tratamento estatístico dos resultados obtido.

À minha família, que é sem margem de dúvida o meu porto de abrigo: aos pais Maria Christina e Fernando, irmãs Martha e Ana e avós Álvaro, Rosa (*in memoriam*), Albino e Concinha, por terem sempre acreditado em mim e estado presentes nos piores e melhores momentos da minha vida. Adoro-vos!

Às minhas colegas de casa que nunca esquecerei por serem verdadeiras amigas, Claudia Ferreira e Virginia Adegas. Obrigado por me ouvirem.

Às minhas antigas colegas de faculdade, Inês Mariano, Joana Costa, Alexandra Veloso e actuais colegas Ana Cadete, Rosângela Payer por me terem acompanhado nesta vida académica que jamais esquecerei.

RESUMO

O objectivo deste estudo foi determinar os (s) factores (es) que alteram o aspecto macroscópico do fiambre embalado exposto para venda nas lojas, de forma a definir uma solução que maximize o tempo de vida útil destes produtos.

Os resultados mostraram que o principal factor na alteração do aspecto visual dos fiambres foi a iluminância. O aumento desta provocou a descoloração mais rápida dos produtos contudo, a partir de valores de 60 lux (para os fiambres finíssimos) e 120 lux (para os fiambres fatiados) o tempo em que estes descoloraram foi constante (1 dia).

De todas as lâmpadas testadas, a que permitiu a conservação da cor dos fiambres por mais tempo (1 a 3 dias) foi a que apresentou menor iluminância (63 lux). As restantes lâmpadas provocaram alteração da cor dos fiambres geralmente após 1 dia de exposição.

A análise estatística realizada demonstrou que não existiram diferenças ($\alpha > 0,05$) para aeróbios totais e azoto básico volátil total nos fiambres quando estes foram expostos à iluminação e a diferentes condições de exposição.

Como tal, sugere-se a pigmentação do filme superior das embalagens, de modo a estender o tempo de prateleira dos fiambres de marca própria do distribuidor.

Palavras-chave: Aeróbios Totais, Azoto Básico Volátil Total, Descoloração, Embalagem, Fiambre, Iluminância.

ABSTRACT

The purpose of this study was to determinate the factor (s) which modify the macroscopic appearance of packaged cooked ham during illuminated retail display, in order to minimize the number of product losses.

The results show that the main factor in the change of the visual appearance of cooked ham was the iluminance. The increase of iluminance caused faster discolouration of the product, however, above 60 and 120 lux for thinner and thicker ham respectively, ham's macroscopic appearance changed after 1 day.

The lamp which allowed the better preservation of ham's colour (from 1 to 3 days) was the one which presented the lowest iluminance. The others caused the colour change generally after 1 day of exposure.

The statistics confirmed that no differences were found ($\alpha > 0,05$) in the analyzed parameters (log Total Viable Count, Total Volatile Basic), when the ham was exposed to the light or different conditions of illuminated retail display.

In the future, it's suggested the pigmentation of the lid film of cooked ham (retailer brand), in order to prolong the shelf life of these products.

Key words: Cooked ham, Discolouration, Iluminance, Package, Total Volatil Basic Nitrogen, Total viable count.

EXTENDED ABSTRACT

The packaged cooked ham found on illuminated retail display is very sensitive to discolouration problems. Even within its shelf life, the change in colour of these products causes the customer's rejection. The visual appearance of meat products is of major importance when consumers assess product quality. The combination of light and residual oxygen (even at low oxygen levels), that is present in modified atmosphere (MA) packages, causes discolouration. The pigment responsible for the characteristic pink colour of cooked ham is the nitrosomyochrome. Exposure of nitrosomyochrome to oxygen, promotes its oxidation imposing a dull greyiness on the cooked ham surface.

The present study was initiated due to a proposal of internship in a food's retail enterprise, with the purpose of finding the better solution to this problem.

In the beginning of the study, the products with the higher number of complaints were tested with the light used on the retail display. Afterwards, the products with lower number of complaints were added to the study, with the aim of comparing the results. These products were tested in different conditions of retail display (type of light used in the illuminated display, position of the ham in the chiller cabinet, position of the chiller cabinet in the supermarket). For each test it was always maintained a sample, in the refrigerated chamber, in the dark. The macroscopic appearance changes and the temperature were measured during the illuminated retail display. Besides that, the total viable count (TVC), total volatile basic nitrogen (TVBN) were also measured in the beginning (sample kept in darkness in the refrigerated chamber, without discolouration) and in the end of the test (discoloured sample after being tested in the illuminated chiller cabinet) in order to understand if the discoloration has its origin in microorganism's changes.

The ham maintained in darkness (illuminance of 0 lux) in the refrigerated chamber didn't changed (macroscopic appearance) until the end of its shelf life. The results showed that, the change in the ham's colour appearance was faster when the hams were exposed to light, and that no differences were found with the variation of the storage temperatures (in the range of tested temperatures and time of exposure).

The results allowed us to conclude that, regardless of the type of light used in the display, what caused the ham's discolouration was the illuminance's increase. The light that caused the better maintenance of ham's appearance was the one which presented the lowest illuminance (63 lux): the fluorescent lamp with the brand name, Philips Master Colour 70W/830. When exposed to this light the ham discoloured after 1 to 3 days of exposure,

against the other tested lamps that caused discolouration generally after 1 day of exposure. The turning off the lamps of the vertical chiller cabinet caused the changed colour appearance only after 5 days at least, fact that occurred because of the low value of illuminance (23 lux).

When the cooked ham was placed in the chiller cabinet bellow a false ceiling, in the absence of sunlight, the results showed that with the LED lighting (Lighting Emitting Diode) the cooked hams discoloured slowerly than when exposed to the same light in the presence of sunlight. A possible cause could be the increase of illuminance related to the contribution of the sunlight. The velocity of discolouration was the same when the hams were exposed to an equal illuminance. The higher values of illuminance caused the faster discolouration of the samples, however, after a specific value the time that a sample takes to discolour remained constant.

The rate of discolouration was higher for the thinner ham than for the thicker ham. When the illuminance was equal or higher than 60 lux the thinner ham discoloured after 1 day of exposure to light. For the thicker hams this value doubled, which demonstrates its better resistance to the light discolourations comparing to thinner hams. A possible cause to this fact can be the thickness of the hams and the higher volume of headspace in the packages of the thinner hams, which can lead to the expansion of the volume of oxygen inside it, promoting the oxidation of the pigment responsible for the pink colour of the ham.

The analysis of variance (ANOVA) confirmed that there were no differences ($\alpha > 0,05$) in the analyzed parameters (log (TVC), TVBN), when the ham was exposed to the light or different conditions of illuminated retail display. The only difference was between the different analyzed hams, in respect to the total viable count.

For a more conclusive study about the influence of the analyzed parameters in the light discolouration of the cooked ham, it would be necessary to extend the analysis to the non-discoloured ham; to execute the analysis at the same time for all the hams present in the test, and if it's possible to do the analysis at different times during the exposure of the ham to the light, in order to observe the evolution of these parameters with the time of exposure. Moreover, it would be necessary to use stricter methods of analysis such as the CIELab method of analysis of colour or the analytic determination of oxygen inside the package of the ham.

Considering these results, it is suggested the pigmentation of the lid film in order to prolong the preservation of the ham's colour from the retailer brand. As verified during the tests, the

light only discoloured the ham in the spots where the lid film was transparent, due to the higher level of light transmittance in those sections of the film. This suggestion doesn't obligate a modification of the product itself, and it's a cheap way of solving the problem of ham's discolouration in the supermarkets. The costumer will be able to see the ham's colour on the back of the package, accessing the product quality.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	II
ABSTRACT	III
EXTENDED ABSTRACT	IV
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS	X
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Fiambre: definição e características	1
1.2. Formação e estabilidade da cor do fiambre.....	1
1.2.1. Mioglobina.....	1
1.2.2. O papel do nitrito no mecanismo de formação de cor do fiambre	2
1.2.3. Alterações da cor por exposição à luz e ao oxigénio	6
1.2.3.1. Factores intrínsecos.....	7
1.2.3.1.1. Teor em vitamina E	7
1.2.3.1.2. Conteúdo em nitrito.....	7
1.2.3.2. Factores extrínsecos.....	8
1.2.3.2.1. Nível de oxigénio residual e taxa de transmissão de oxigénio (OTR)	8
1.2.3.2.2. Razão de volumes “Product/headspace”	9
1.2.3.2.3. Composição gasosa da embalagem	9
1.2.3.2.4. Comprimento de onda e iluminância	9
1.2.3.3. Considerações sobre o melhoramento das embalagens e condições de venda nas lojas	11
2. ENQUADRAMENTO E OBJECTIVOS DO ESTUDO	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1. Produtos analisados.....	13
3.2. Preparação das amostras	13
3.3. Ensaio realizados	15
3.3.1. Teste I	15
3.3.2. Teste II	16
3.3.3. Teste III	16
3.3.4. Teste IV.....	16
3.3.5. Teste V	17
3.3.6. Teste VI.....	17
3.3.7. Teste VII.....	18

3.4.	Análises microbiológicas e físico-químicas.....	18
3.5.	Controlos realizados na loja	19
3.5.1.	Temperatura	19
3.5.2.	Medição do fluxo luminoso dos expositores	19
3.5.3.	Avaliação diária do aspecto macroscópico do produto	20
3.5.4.	Determinação da relação Volume produto/Volume de gás da atmosfera	20
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
4.1	Efeito da iluminância e da temperatura na descoloração	21
4.1.1	Estudo do efeito da luz de exposição na alteração de cor das amostras.....	22
4.1.2	Estudo do efeito da posição das amostras no expositor vertical.....	24
4.1.3	Estudo do efeito da localização dos expositores na loja.....	25
4.1.4	Estudo do efeito do tipo e localização do móvel na loja.....	25
4.1.5	Análise global dos resultados.....	26
4.2	Razão de volumes “Product/headspace” e características do produto	29
4.3	Análises Microbiológicas e Físico-químicas ao produto.....	31
5.	CONCLUSÕES	32
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
	ANEXOS	38
	ANEXO I	39
	ANEXO II.....	40
	ANEXO III.....	41
	ANEXO IV	43
	ANEXO V	49
	ANEXO VI	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dissociação do HNO_2 (adaptado de Feiner, 2006).	3
Figura 2.Redução do nitrito a óxido nítrico por acção do ácido ascórbico (adptado de Skibsted, 2011).	4
Figura 3. Mudanças químicas da mioglobina durante o desenvolvimento da cor de produtos cárneos curados (adaptado de Bard & Townsend, 1960).	5
Figura 4.Ligação do óxido nítrico ao átomo de ferro do grupo heme da mioglobina e libertação de molécula de água (adaptado de Bard & Townsend, 1960).....	5
Figura 5.Câmara de charcutaria (lado esquerdo) e amostras guardadas na câmara de charcutaria (lado direito).	13
Figura 6.Expositor Horizontal I (lado esquerdo) e Expositor vertical (lado direito).	13
Figura 7.Esquema do ensaio com duas camadas de amostras.	16
Figura 8.Clarabóias existentes na loja (lado esquerdo) e ilha por baixo das clarabóias (lado direito).	17
Figura 9. Expositor horizontal onde se submeteram as amostras para teste com lâmpada B1 (circulo branco) e lâmpada B2 (circulo preto).	18
Figura 10.Amostra com datalogger colocado na superfície da embalagem.	19
Figura 11.Luxímetro utilizado no estudo.	19
Figura 12.Amostra da linha da frente (lado esquerdo) e amostra da linha de trás (lado direito).	21
Figura 13.Diferenças entre zonas expostas e protegidas da luz pela impressão da embalagem.	21
Figura 14.Tempo (dias) que decorre até as amostras descolorarem em função da temperatura média ($^{\circ}\text{C}$) registada nos expositores de frio (triângulos fechados e triângulos abertos correspondem a fiambres fatiados e finíssimos, respectivamente).	27
Figura 15.Tempo (dias) que decorre até as amostras descolorarem em função da iluminância média (lux) registada nos expositores de frio. Os triângulos fechados e a linha a tracejado dizem respeito aos fiambres fatiados e os triângulos abertos e a linha preenchida aos fiambres finíssimos.	28
Figura 16.Pantone utilizado na avaliação diária do aspecto macroscópico do produto e cores normalmente verificadas nas amostras em t_0 (círculos a tracejado) e t_{final} (círculos preenchidos).	40
Figura 17. Temperaturas do expositor horizontal e vertical (primeira prateleira) medidas por datalogger em aproximadamente um dia.	40
Figura 18.Exemplo de embalagens com filme superior da marca Campofrio.	53
Figura 19.Exemplo de embalagens com filme superior impresso da marca própria do Eleclerc.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Pigmentos encontrados em carne fresca, tratada termicamente e curada (adaptado de Feiner, 2006; Lawrie, 2006).	2
Tabela 2. Produtos de charcutaria embalados utilizados nos ensaios.	14
Tabela 3. Cronograma dos testes realizado ao longo do estudo e amostras analisadas no ano de 2011.....	15
Tabela 4. Iluminação presente no teste I.....	15
Tabela 5. Iluminação presente no teste II.	16
Tabela 6. Iluminação presente no teste III.	16
Tabela 7. Iluminação presente no teste IV.	16
Tabela 8. Iluminação presente no teste V.	17
Tabela 9. Iluminação presente no teste VI.	17
Tabela 10. Iluminação presente no teste VII.....	18
Tabela 11. Tempo (dias) que decorre desde que as amostras são colocadas no expositor horizontal I e na câmara de charcutaria (t_0) até serem retiradas (t_f) devido à apresentação de alterações visíveis ou desaparecimento. Valores médios de iluminância e temperatura para cada teste realizado.	23
Tabela 12. Tempo (dias) que decorre desde que as amostras são colocadas no expositor vertical e na câmara de charcutaria (t_0) até serem retiradas (t_f) devido à apresentação de alterações visíveis, desaparecimento ou término do estudo. Valores médios de iluminância e temperatura.	23
Tabela 13. Tempo (dias) que decorre desde que as amostras são colocadas nos expositores (t_0) até serem retiradas (t_f) devido à apresentação de alterações visíveis, desaparecimento ou expiração do prazo de validade. Valores médios de iluminância e temperatura para cada prateleira.	24
Tabela 14. Tempo (dias) que decorre desde que as amostras são colocadas nos expositores/câmara (t_0) até serem retiradas (t_f) por apresentação de alterações visíveis ou desaparecimento. Valores médios de iluminância e temperatura relativos ao expositor horizontal II e câmara de charcutaria.	25
Tabela 15. Tempo (dias) que decorre desde que as amostras são colocadas nos expositores (t_0) até serem retiradas (t_f) por apresentação de alterações visíveis, expiração do prazo de validade ou término do estudo. Valores médios de iluminância e temperatura relativos ao expositor horizontal I e III.	26
Tabela 16. Resultados obtidos para a regressão não linear realizada para os dados dos fiambres finíssimos e fatiados.	28
Tabela 17. Volume do produto, atmosfera e respectiva razão de volumes para cada amostra.	29
Tabela 18. Dados da atmosfera e embalagem das amostras em estudo.	30
Tabela 19. Lâmpadas utilizadas nos testes realizados e respectivas características.....	39
Tabela 20. Dados relativos ao tempo de descoloração para os valores de iluminância e temperatura dos fiambres <i>Finíssimos</i>	41
Tabela 21. Dados relativos ao tempo de descoloração para os valores de iluminância e temperatura dos fiambres Fatiados.	42
Tabela 22. Resultados microbiológicos e físico-químicos do teste I (lâmpada existente).	43
Tabela 23. Resultados microbiológicos e físico - químicos do teste II (lâmpada LED).	44

Tabela 24. Resultados ABVT (Azoto básico volátil total) para o teste III (teste prateleiras) realizado em Expositor Vertical.....	45
Tabela 25. Resultados contagem de microrganismos a 30°C para o teste III (teste prateleiras) realizado em Expositor Vertical.....	46
Tabela 26. Resultados microbiológicos e físico-químicos do teste IV (lâmpada “cárneos”)..	47
Tabela 27. Resultados microbiológicos e físico-químicos do teste V (“ilha” situada debaixo de clarabóia).....	47
Tabela 28. Resultados microbiológicos e físico-químicos do teste VI (expositor situado debaixo de tecto falso).....	48
Tabela 29. Resultados microbiológicos e físico-químicos do teste VII (expositor vertical com iluminação apagada).....	48
Tabela 30. ANOVA: factores (Fiambre, lâmpada e tratamento) e variável resposta (log (AT)).	49
Tabela 31. ANOVA: factores (Fiambre, lâmpada e tratamento) e variável resposta (ABVT).	49
Tabela 32. ANOVA: factores (Fiambre, lâmpada e tratamento) e variável resposta (log (AT)).	49
Tabela 33. ANOVA: factores (Fiambre, lâmpada e tratamento) e variável resposta (ABVT).	50
Tabela 34. ANOVA: factores (fiambre, lâmpada.camada.tratamento) e variável resposta (log (AT)).....	50
Tabela 35. ANOVA: factores (fiambre, lâmpada.camada.tratamento) e variável resposta (ABVT).....	50
Tabela 36. ANOVA: factores (fiambre, prateleira.camada.tratamento) e variável resposta (log (AT)).....	50
Tabela 37. ANOVA: factores (fiambre, prateleira.camada.tratamento) e variável resposta (ABVT).....	51
Tabela 38. ANOVA: factores (fiambre,camada) e variável resposta (log (AT)).....	51
Tabela 39. ANOVA: factores (fiambre,camada) e variável resposta (ABVT).	51
Tabela 40. ANOVA: factores (fiambre, expositor.camada.tratamento) e variável resposta (log (AT)).....	51
Tabela 41. ANOVA: factores (fiambre, expositor.camada.tratamento) e variável resposta (ABVT).....	52

1. INTRODUÇÃO

1.1. Fiambre: definição e características

Segundo a norma portuguesa NP 4393 (2001) entende-se por fiambre o produto à base de carne, preparado exclusivamente a partir da carne de porco, salmourada, prensada ou não em moldes e posteriormente submetida a tratamento térmico.

A classificação do fiambre depende das peças de carne utilizadas e dos ingredientes facultativos que lhe são adicionados e pode ser: fiambre da perna superior, fiambre da perna extra, fiambre da perna, fiambre da pá e fiambre corrente.

Consideram-se como ingredientes essenciais a carne de porco, água potável e gelo e sal refinado (NP 4393, 2001). De acordo com a mesma norma, dependendo do tipo de fiambre os ingredientes facultativos podem ser: açúcares, aditivos, geleias de cobertura, aromas, proteínas cárneas e não cárneas.

A percentagem mínima de proteína para fiambre da perna e da pá é de 14% e para o fiambre corrente é de 12%. Deve apresentar ao corte uma superfície levemente húmida, de cor rosada mais ou menos intensa, de textura compacta com cheiro e sabor característicos. Comercialmente pode apresentar-se sob a forma de bloco com diversas configurações ou sob a forma de fatias. Nos fiambres da pá, perna, perna superior e perna extra a estrutura muscular deve ser macroscopicamente identificável (NP 4393, 2001).

1.2. Formação e estabilidade da cor do fiambre

1.2.1. Mioglobina

Os factores responsáveis pela cor da carne são a estrutura física da carne, a concentração dos pigmentos e o estado químico dos pigmentos. O pigmento responsável pela cor da carne é a mioglobina, sendo a hemoglobina o pigmento responsável pela cor do sangue. O grau de hemoglobina presente na carne depende da correcta execução da sangria do animal durante o abate (Millar *et al.*, 1995).

O átomo de ferro no grupo heme da mioglobina encontra-se no centro do anel protoporfirínico coordenado por 4 ligações ao azoto de cada anel pirrólico. Pode ainda formar duas ligações coordenadas em relação ao plano do heme, sendo a quinta coordenação estabelecida com a globina (Alface, 1997).

O átomo de ferro pode encontrar-se no estado reduzido ou oxidado. No estado de oxidação reduzido (Fe^{2+}), pode combinar-se na sexta posição de coordenação com moléculas como a água formando mioglobina reduzida de cor vermelho-púrpura, ou oxigénio formando oximioglobina de cor vermelho brilhante. A metamioglobina de cor acastanhada é obtida quando o átomo de ferro central é oxidado a Fe^{3+} , perdendo a capacidade de se ligar ao oxigénio (Feiner, 2006). A mioglobina pode assim encontrar-se no músculo em três estados distintos, conforme no seu cofactor heme, o ferro se encontre no estado ferroso (Fe^{2+}) ou férrico (Fe^{3+}) e se apresente ligado a diferentes ligandos (Salavessa, 2009). Na tabela 1 encontram-se alguns estados químicos para qual a mioglobina pode ser encontrada na carne fresca, tratada térmicamente e curada.

Tabela 1. Pigmentos encontrados em carne fresca, tratada termicamente e curada (adaptado de Feiner, 2006; Lawrie, 2006).

Pigmento	Modo de formação	Molécula ligada à 6ª coordenação	Ferro	Cor	Globina
Mioglobina	Redução da metamioglobina; desoxigenação da oximioglobina	H_2O	Fe^{2+}	Vermelho-púrpura	Forma nativa
Oximioglobina	Oxigenação da mioglobina	O_2	Fe^{2+}	Vermelho brilhante	Forma nativa
Metamioglobina	Oxidação da mioglobina, oximioglobina	H_2O	Fe^{3+}	Castanho	Forma nativa
Nitrosomioglobina	Combinação da mioglobina com óxido nítrico	NO	Fe^{2+}	Vermelho brilhante (rosa)	Forma nativa
Nitrosometamioglobina	Combinação da metamioglobina com óxido nítrico	NO	Fe^{3+}	Carmesim	Forma nativa
Nitrosohemocromogénio	Efeito do calor, agentes desnaturantes na nitrosomioglobina	NO	Fe^{2+}	Vermelho brilhante (rosa)	Desnaturada

1.2.2. O papel do nitrito no mecanismo de formação de cor do fiambre

A cor do fiambre é uma das características mais importantes já que é o primeiro atributo que o consumidor identifica ao contactar com o produto, podendo ser utilizado como indicador de frescura e salubridade (Nannerup *et al.*, 2004). No caso do fiambre, o desenvolvimento do *flavour* e cor característica deve-se à adição de nitrito durante o seu fabrico (Lourdes *et al.*, 2006).

O nitrito pode ser adicionado directamente ou ser obtido através da redução do nitrato , reacção promovida pela acção de bactérias que produzem enzimas nitrato – redutase (Feiner, 2006).

Quando adicionado directamente à carne, o nitrito (NO_2^-) pode ser aplicado sob a forma de nitrito de sódio (NaNO_2) ou de nitrito de potássio (KNO_2), sendo o nitrito de sódio o aditivo mais utilizado (Bard & Townsend, 1960).

O nitrito de sódio é um sal de aspecto amarelo cristalino e muito solúvel em água. Actua como fonte de óxido nítrico, que é o principal agente para o desenvolvimento da cor do fiambre (Freixanet, s/data). A obtenção de óxido nítrico através do nitrito de sódio encontra-se representada na figura 1. A redução de nitrito a óxido nítrico é uma reacção química não enzimática, na qual o ácido nitroso (HNO_2) é obtido como produto intermédio. Quando o valor de pH se encontra abaixo de 6,5, o ácido nitroso (HNO_2) é dissociado obtendo-se óxido nítrico (NO), ácido nítrico (HNO_3) e água (H_2O). Caso o valor de pH esteja acima de 6,5 o HNO_2 dissocia-se em iões H^+ e NO_2^- pelo que não se poderá formar óxido nítrico a partir dessas moléculas dissociadas.

Os produtos cárneos apresentam valores finais de pH compreendidos entre 4,7 e 6,0, o que favorece a formação de óxido nítrico. O valor de pH óptimo que permite a dissociação completa de HNO_2 é de 5,3. No entanto, valores de pH baixos são desfavoráveis, visto que quanto mais próximos do ponto isoelectrico das proteínas miofibrilhares (igual a 5,2), menor é a capacidade de retenção de água do fiambre (Feiner, 2006).

A adição de compostos intensificadores e estabilizadores da cor como é o caso do eritorbato e o ascorbato é essencial na obtenção da cor final pretendida para os produtos curados. Enquanto a reactividade do ácido nitroso/nitrito aumenta com o decréscimo do pH, a reactividade do ácido ascórbico/ascorbato aumenta com o aumento do pH (Skibsted, 2011). Estes compostos reduzem ligeiramente o pH do meio promovendo a dissociação do HNO_2 , quando as condições de pH do meio são pouco favoráveis e desempenham uma função muito importante ao iniciarem todo o mecanismo de formação de cor nos produtos curados (Møller & Skibsted, 2002)

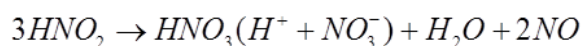
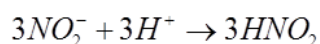


Figura 1. Dissociação do HNO_2 (adaptado de Feiner, 2006).

O óxido nítrico pode ser então obtido de três formas diferentes: por dissociação do ácido nitroso (HNO_2), pela acção redutora dos tecidos no post-mortem e pela acção dos agentes redutores adicionados (como os sais de ácido ascórbico) (Faria *et al.*, 2001). No último caso, o nitrito é reduzido a óxido nítrico pela acção redutora do ácido ascórbico como se encontra representado na figura 2.

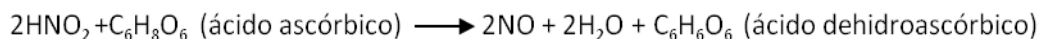


Figura 2.Redução do nitrito a óxido nítrico por acção do ácido ascórbico (adptado de Skibsted, 2011).

Devido à elevada reactividade do nitrito, uma parte da quantidade adicionada à carne na salmoura pode ser perdida em reacções paralelas que não contribuem para o desenvolvimento da cor dos produtos curados (Sebranek & Fox, 1985). A reacção de Van Slyke, na qual o ácido nitroso reage com aminoácidos resultando na formação e libertação do gás azoto é um exemplo de uma dessas reacções (Bard & Townsend, 1960). Na presença de quantidades suficientes de oxigénio, o óxido nítrico também pode ser oxidado a nitrito e/ou nitrato (Wirth, 1986).

As alterações químicas da mioglobina durante o desenvolvimento da cor de produtos cárneos curados estão indicadas na figura 3. A formação da cor típica do fiambre começa com a oxidação da mioglobina e oximioglobina, através da acção do nitrito adicionado, dando origem a metamioglobina de coloração acastanhada (Faria *et al.*, 2001). Ao mesmo tempo é formado óxido nítrico através das reacções acima descritas e este combina-se com a metamioglobina formando-se nitrosometamioglobina (Feiner, 2006). A redução da nitrosometamioglobina promovida pela acção de enzimas redutoras e agentes redutores como o ascorbato e o eritorbato dará origem a um pigmento de cor vermelha instável denominado por nitrosomioglobina (Møller & Skibsted, 2002). Em certos casos a nitrosomioglobina pode formar-se directamente através da reacção do óxido nítrico com a mioglobina como se encontra ilustrado na figura 4 (Bard & Townsend, 1960). Posteriormente, durante o tratamento térmico, a parte proteica do pigmento nitrosomioglobina é desnaturada, originando um pigmento estável de cor rosa responsável pela cor final do fiambre - o nitrosohemocromogénio (Freixanet, s/ data).

Em algumas condições o pigmento nitrosohemocromogénio pode ser oxidado formando substâncias sem cor ou de cor verde e amarela denominadas por porfirinas oxidadas.

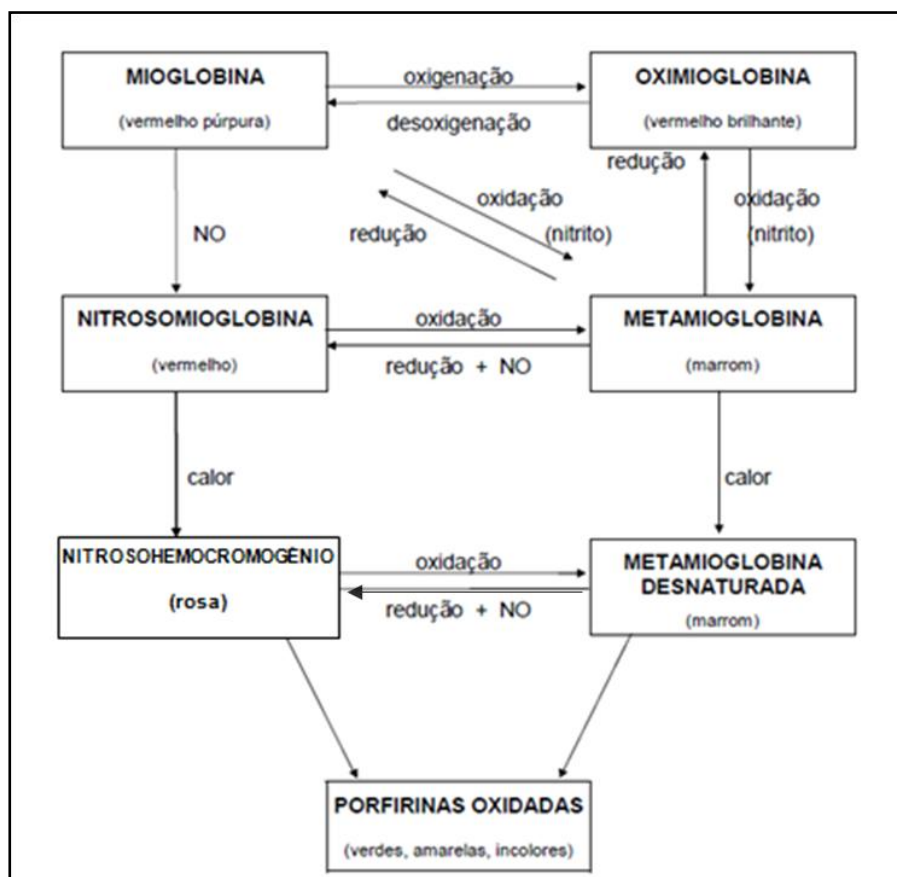


Figura 3. Mudanças químicas da mioglobina durante o desenvolvimento da cor de produtos cárneos curados (adaptado de Bard & Townsend, 1960).

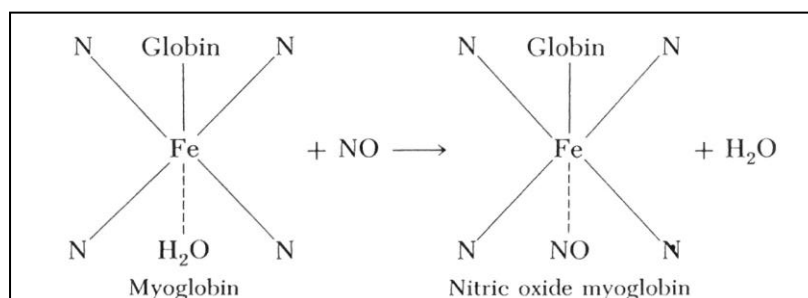


Figura 4. Ligação do óxido nítrico ao átomo de ferro do grupo heme da mioglobina e liberação de molécula de água (adaptado de Bard & Townsend, 1960).

1.2.3. Alterações da cor por exposição à luz e ao oxigénio

Para muitos produtos embalados em atmosfera modificada (MAP) e armazenados sob refrigeração, podem ocorrer alterações de qualidade indesejáveis, causadas por reacções oxidativas que produzem cheiro a ranço e alterações de cor, limitando o período de vida útil destes produtos (Jakobsen *et al.*, 2005).

Os produtos cárneos fatiados como o fiambre são habitualmente embalados com materiais transparentes por motivos de apresentação ao consumidor. Este facto torna-os susceptíveis à acção da luz durante a apresentação dos mesmos em expositores refrigerados iluminados (Møller *et al.*, 1999).

Assim, o pigmento responsável pela cor dos produtos cárneos tratados térmicamente (nitrosohemocromogénio) é fotossensível e quando exposto à luz, mesmo na presença de baixas quantidades de oxigénio, é oxidado a metamioglobina conferindo ao produto uma cor cinzenta acastanhada (Møller *et al.*, 2000). Este processo sucede-se em duas etapas: (1) inicialmente ocorre a dissociação do óxido nítrico do grupo heme induzida pela luz, (2) em seguida ocorre a oxidação do óxido nítrico pelo oxigénio (Fox, 1966). Existem evidências de que a estrutura pirrólica da parte heme também pode ser oxidada o que impossibilita a sua recombinação com o óxido nítrico (Faria *et al.*, 2001). A forma mais eficaz de prevenir esta descoloração é impedir o contacto do produto com o oxigénio, pois nesse caso o óxido nítrico retirado do grupo heme não será oxidado, podendo recombina-se a este grupo (Judge *et al.*, 1989). Nas carnes curadas a formação de metamioglobina pode afectar a estabilidade lipídica, uma vez que a descoloração das carnes curadas pode potenciar o início da rancificação oxidativa dos produtos (Munk *et al.*, 2010). Prevenir a degradação do pigmento dos produtos curados pode ser determinante no aumento do tempo de vida útil dos produtos, principalmente se estes contêm elevado teor em gorduras insaturadas (Faria *et al.*, 2001). A resistência à oxidação lipídica do fiambre deve-se à baixa quantidade de gordura presente neste alimento e ao efeito antioxidante do nitrito residual (Skibsted, 1992).

De seguida encontra-se descrita a influência dos factores intrínsecos relacionados com o produto e dos factores extrínsecos relacionados com os sistemas de embalagem e exposição nas lojas, neste tipo de alteração de cor.

Note-se que a bibliografia consultada quase sempre diz respeito aos factores (intrínsecos e extrínsecos) envolvidos na alteração de cor de produtos cárneos curados. No entanto, apesar destes produtos serem bastante diferentes no que diz respeito à sua tecnologia de

fabrico quando comparados com o produto cárneo pasteurizado em estudo (fiambre) os dados recolhidos encontram-se seguidamente descritos.

1.2.3.1. Factores intrínsecos

As características da matéria prima, a concentração da mioglobina devida ao processo tecnológico, os níveis de nitrito adicionado ou o teor em vitamina E presente no regime alimentar do animal antes do abate, podem ter impacto na estabilidade da cor dos produtos durante a sua exposição para venda nas lojas (Møller *et al.*, 1999).

1.2.3.1.1. Teor em vitamina E

O regime alimentar dos animais antes do abate é muito importante, não só porque afecta o conteúdo de mioglobina presente nos musculos, mas também porque o enriquecimento com substâncias antioxidativas pode afectar a oxidação lipídica e a estabilidade de cor dos produtos cárneos (Møller *et al.*, 1999). Assim, a administração de suplementos alimentares com vitamina E diminuem a oxidação lipídica e dos pigmentos em carne fresca (Feiner *et al.*, 2001). O efeito dos suplementos com vitamina E na estabilidade de cor de produtos curados não foi tão extensivamente estudado como na carne fresca, no entanto um estudo realizado por Walsh *et al.* (1998) com fiambre de peru, mostra que os efeitos são similares.

1.2.3.1.2. Conteúdo em nitrito

O conteúdo de nitrito adicionado durante o processamento afecta a intensidade de cor de produtos curados, de forma que maiores níveis de nitrito adicionado dão origem a produtos com cores vermelha ou rosa mais intensas. Além disso, produtos curados com níveis superiores de nitrito adicionado irão dar origem a produtos com uma cor mais estável quando expostos à iluminação das lojas. A justificação para este facto, não é clara: alguns autores afirmam que deve-se à maior conversão da mioglobina em nitrosomioglobina durante o processamento, outros justificam que deve-se à reserva de nitrito que possibilita a regeneração da nitrosomioglobina (Møller *et al.*, 1999).

Um estudo desenvolvido com fiambre fatiado embalado exposto à luz (1000 lux) e sob refrigeração, mostrou que o conteúdo de nitrito após 27 dias de armazenamento baixou ao comparar com a quantidade de nitrito registada nos dias 1 e 18 (Møller *et al.*, 2000). Este mesmo estudo, verificou que simultaneamente os níveis de nitrato registados aumentaram, fazendo com que a soma dos nitritos e nitratos permanecesse constante. Segundo, Andersan & Skibsted (1992) a reacção da oxidação do pigmento nitrosomioglobina produz metamioglobina e nitrato, o que pode justificar a crescente concentração de nitrato ao longo

do tempo de armazenamento. Ao mesmo tempo a metamioglobina, irá reagir com agentes redutores como o ascorbato reformando a nitrosomioglobina (Møller *et al.*, 2000). Pensa-se que o ascorbato propicia um fornecimento contínuo de óxido nítrico proveniente do nitrito residual presente na carne (Faria *et al.*, 2001). Desta forma, o sistema da mioglobina actua como catalisador da oxidação do nitrito a nitrato (Møller *et al.*, 2000).

1.2.3.2. Factores extrínsecos

Os sistemas de embalagem e a exposição na loja são cruciais na descoloração dos produtos embalados em atmosfera modificada (Lawrie & Ledward, 2006). A disponibilidade de oxigénio nas embalagens em atmosfera modificada é de extrema importância na estabilidade da cor do fiambre. Como foi referido anteriormente, mesmo na presença de baixas concentrações de oxigénio na embalagem, os produtos são rapidamente descolorados quando são expostos à luz. A quantidade de oxigénio presente na embalagem em conjunto com os factores intrínsecos do produto e outros parâmetros da embalagem determinam a descoloração do fiambre durante a sua exibição nos expositores refrigerados iluminados (Møller *et al.*, 1999). Seguidamente encontra-se descrita a influência de alguns parâmetros relacionados com a embalagem e condições de venda nas lojas, na descoloração dos produtos expostos à luz.

1.2.3.2.1. Nível de oxigénio residual e taxa de transmissão de oxigénio (OTR)

A disponibilidade de oxigénio (quantidade total de oxigénio) nas embalagens depende do oxigénio residual (definido na altura do embalamento do produto) e da taxa de transmissão de oxigénio (OTR) da embalagem (Jakobsen *et al.*, 2005).

Para produtos sensíveis ao oxigénio embalados em MAP, o conteúdo em oxigénio residual deve ser reduzido ao máximo no momento da selagem da embalagem, contudo a exclusão completa de oxigénio não é possível. Um estudo realizado por Møller *et al.* (2000) sobre o efeito do oxigénio residual na estabilidade da cor de fiambres embalados em MAP, mostrou que o limite de O₂ residual presente no início na embalagem deve encontrar-se entre 0,1 e 0,5 %, para que a cor dos produtos sob iluminação seja estável. No entanto, este factor não pode ser visto isoladamente, uma vez que outras condições como a razão de volumes “Product/Headspace” também têm influência na quantidade de oxigénio total da embalagem, como se verá de seguida.

O transporte de oxigénio pelo filme de embalagem pode ser estimado através da taxa de transmissão de oxigénio (OTR) do filme. A utilização de filmes com baixos valores de OTR previnem a descoloração dos produtos cárneos (Møller *et al.*, 1999). O OTR é afectado pela

temperatura de armazenamento, espessura do material e em alguns casos pela humidade. Assim, para uma redução de temperatura de 8-10°C, a permeabilidade da embalagem é reduzida a cerca de metade (válido para o intervalo de temperaturas 0-25°C) (Jakobsen *et al.*, 2005).

De modo a beneficiar a estabilidade da cor dos produtos cárneos fatiados recomenda-se a utilização de filmes com uma taxa de transmissão de oxigénio inferior a 10 cm³/m²/24h/atm (Teixeira, 2006).

1.2.3.2.2. Razão de volumes “Product/headspace”

Este parâmetro diz respeito à relação entre o volume do produto e o volume do “espaço de cabeça”, ou seja o volume não ocupado pelo fiambre na embalagem. Segundo, Møller *et al.* (2003), para manter a cor estável do produto curado é necessário manter o nível do oxigénio na embalagem baixo e a razão de volumes “product/headspace” alta (menor espaço de cabeça na embalagem). De outra forma, não é suficiente manter o nível de oxigénio baixo se: (1) forem utilizadas embalagens com grandes espaços de cabeça, pois nesse caso o volume do oxigénio aumenta, (2) níveis de iluminação elevados. O mesmo estudo verificou também que a razão de volumes “product/headspace” torna-se menos importante com o aumento dos níveis de oxigénio e que acima de 0,85% de oxigénio, existe oxigénio disponível para a degradação do pigmento, independentemente da relação “product/headspace” da embalagem.

1.2.3.2.3. Composição gasosa da embalagem

Um dos factores estudados foi a composição gasosa da embalagem (azoto e dióxido de carbono). Ahvenainen *et al.* (1989) não encontraram diferenças na estabilidade de cor dos produtos curados, ao fazer variar as percentagens relativas de azoto e dióxido de carbono presentes na mistura gasosa da embalagem. Um estudo desenvolvido no sentido de averiguar o efeito do dióxido de carbono na cor da carne curada, avaliou a estabilidade do pigmento à auto-oxidação e foto-oxidação na presença de quantidades de dióxido de carbono de 0 %, 20% e 90%. Os resultados mostraram que a auto-oxidação do pigmento foi diminuída pela acção do dióxido de carbono, o que poderá reduzir o desenvolvimento de ranço nas embalagens MAP, e que a foto-oxidação não foi afectada com a variação da concentração de CO₂. Desta forma, misturas de dióxido de carbono e azoto podem ser usadas na embalagem de atmosfera modificada de produtos cárneos curados e tratados termicamente (Sebranek & Houser, 2006).

1.2.3.2.4. Comprimento de onda e iluminação

Os efeitos fotoquímicos são causados por determinados valores de energia a certos comprimentos de onda, que excitam uma ou mais moléculas iniciando ou catalizando reacções como a oxidação dos pigmentos da carne. Os comprimentos de onda absorvidos provocam uma degradação superior nos pigmentos heme, do que os comprimentos de onda reflectidos. Assim, caso os comprimentos de onda emitidos por uma lâmpada fluorescente (caracterizada por picos de emissão de energia a certos comprimentos de onda) sejam coincidentes com as bandas Soret (comprimentos de onda para os quais a luz é fortemente absorvida) do pigmento da carne, podem ser observados efeitos indesejáveis na cor dos produtos (Kropf, 2010).

Estudos com carnes frescas indicam que não existem alterações de cor significativas, ao serem expostas a comprimentos de onda da radiação visível (Solberg & Franke, 1971). No entanto comprimentos de onda da luz visível que não afectam a cor da carne fresca em 3 dias, podem dissociar o óxido nítrico do pigmento das carnes curadas provocando a sua descoloração em apenas 1 hora de exposição (Lawrie & Ledward, 2006). Trabalhos com salame exposto ao oxigénio, demonstram que a foto-oxidação dos pigmentos pode ser reduzida até 10 vezes, ao excluir comprimentos de onda inferiores a 600 nm (Faria *et al.*, 2001). Kampschmidt (1955), mostra que a curva espectral responsável pela oxidação do pigmento da carne curada é mais efectiva na zona compreendida entre 400 e 550 nm (intervalo para o qual ocorre uma maior absorção de energia pela nitrosomioglobina). E Jakobsen *et al.* (2005) faz referência que o intervalo de comprimento de onda crítico na descoloração dos produtos curados está compreendido entre os 420 e 580 nm.

Assim, a luz ultravioleta não parece ter um efeito superior ao produzido pela luz visível na descoloração das carnes curadas, contudo pode causar a descoloração na carne fresca, possivelmente devido à desnaturação da globina (Nollet & Toldrá, 2006). Ramsbottom *et al.* (1951), não encontraram diferenças na descoloração das carnes curadas ao excluir a luz ultravioleta. Estes autores, concluíram ainda que as carnes curadas eram mais susceptíveis à luz fluorescente do que à luz UV, mas que a velocidade de descoloração era igual quando os produtos eram expostos à mesma intensidade de ambas as luzes. Estudos com presunto suíno acondicionados em embalagens com e sem protecção aos raios UV, não apresentaram diferenças significativas na descoloração destes produtos (Faria *et al.*, 2001).

A descoloração de produtos curados é significativamente mais rápida quando estes são expostos à iluminação, sendo proporcional à magnitude (intensidade) e duração da exposição (Kropf, 2010). Assim, o aumento da iluminância promove a alteração da cor do presunto, como foi observado por Møller *et al.* (2003). Um desvanecimento da cor rosa do fiambre também foi detectado quando embalagens contendo fiambre são iluminadas com

uma intensidade luminosa de 600 lux e o aumento da intensidade para 1200 lux causou uma descoloração superior nestes produtos (Nannerup *et al.*, 2004).

1.2.3.3. Considerações sobre o melhoramento das embalagens e condições de venda nas lojas

Vários estudos investigaram como as embalagens e as condições de venda nas lojas podem ser melhoradas para prolongar a estabilidade da cor dos produtos curados:

- Andersen *et al.* (1988) afirmam que o armazenamento do fiambre embalado no escuro durante 4 dias, reduz a quantidade de oxigénio presente na embalagem e uma subsequente exposição do produto à luz não seria mais crítica no que diz respeito à estabilidade da cor;
- A utilização de filmes de elevada barreira ao oxigénio em conjunto com o acondicionamento a vácuo, pode impedir o contacto do oxigénio com o produto, diminuindo a probabilidade de descoloração dos produtos expostos à luz (Faria *et al.*, 2001);
- Na apresentação dos produtos nas lojas, a influência negativa da exposição à luz poderá ser reduzida limitando-se ao mínimo a incidência de luz, tendo em conta simultaneamente a conservação da cor dos produtos e a conveniente exibição destes ao consumidor (Teixeira, 2006);
- Jakobsen *et al.* (2005) mostrou que a transmissão de luz pelos materiais de embalagem no intervalo de comprimentos de onda crítico para a descoloração de carnes curadas foi reduzida para 0-30% (300-800 nm), através da pigmentação da embalagem e/ou a adição de rótulos. Ao invés disso, as embalagens transparentes sem rótulo apresentaram um valor de transmitância de luz de 0-90% (300-800 nm). Estudos realizados com garrafas de polietileno, mostraram de igual forma que a pigmentação reduzia a transmissão de luz pelo material e que esta estava dependente da concentração dos pigmentos aplicada (Jakobsen *et al.*, 2005). Isto significa que é fácil (e barato) aumentar a protecção da luz dos produtos prevenindo as reacções foto-oxidativas responsáveis pelas deteriorações da qualidade. Ao mesmo tempo, a colocação de uma representação gráfica ou fotografia do produto na embalagem torna-o mais apelativo para o consumidor (Coles *et al.*, 2003);
- A utilização de embalagens activas com absorvedores de oxigénio em forma de pequenas saquetas que contêm pós à base de ferro, pode ser utilizada na redução dos níveis de oxigénio na embalagem prevenindo a oxidação indesejável do pigmento da

carne curada. O uso destes compostos foi limitado em alguns países, devido à possibilidade do consumidor ingerir estas substâncias acidentalmente e devido à falta de legislação clara sobre este assunto (Brennan & Brian, 2006; Møller, *et al.*, 2000). Contudo, nos últimos anos o desenvolvimento de absorvedores de oxigénio adesivos aos rótulos na parte interior da embalagem ou a incorporação em laminados plásticos destas substâncias têm aumentado a aceitabilidade comercial desta tecnologia. A Marks & Spencer, Ltd foi a primeira cadeia inglesa de retalho alimentar a utilizar embalagens com estas características para uma gama de produtos fatiados tratados térmicamente e curados e produtos de aves (Brennan & Brian, 2006);

- A utilização de ascorbato na solução de cura ou na superfície do produto, sob a forma de spray, um pouco antes do acondicionamento também pode ser benéfica na redução da descoloração pela luz dos produtos cárneos (Bard & Townsend, 1960). Estudos desenvolvidos com salsichas mostram que a utilização de níveis de 5% de ácido ascórbico na superfície destas, protegem-nas da descoloração causada pela luz. (Faria *et al.*, 2001). O ácido ascórbico é um forte agente redutor, que permite a formação rápida e directa de óxido nítrico, através do nitrito residual existente no produto, promovendo o aumento dos níveis de nitrosomioglobina e estabilizando a cor obtida inicialmente (Feiner, 2006). Segundo Bard & Townsend (1960) a sua utilização é especialmente efectiva na redução da descoloração do produto pela incidência de luz, quando combinada com o uso de embalagens a vácuo.

2. ENQUADRAMENTO E OBJECTIVOS DO ESTUDO

Os perecíveis quando expostos à iluminação das lojas, nas grandes superfícies, estão sujeitos a problemas de descoloração. Mesmo dentro do prazo de validade, muitos destes produtos acabam por ganhar colorações indesejáveis, motivo pelo qual são rejeitados pelo consumidor, dando origem a quebras económicas para a loja. É o caso dos fiambres embalados em atmosfera modificada, que estão expostos na zona de charcutaria de livre serviço. O presente trabalho surgiu no seguimento de uma proposta de estágio numa cadeia de hipermercados, que visava dar resposta a este desafio, sugerindo uma solução capaz de maximizar o tempo de vida útil destes produtos.

O principal objectivo desta dissertação consistiu na determinação do(s) factor(es) que afectam o aspecto visual dos produtos encontrados na zona de livre serviço da charcutaria (fiambres embalados em atmosfera modificada) de um grupo de hipermercados, de forma a encontrar uma solução capaz de reduzir ou eliminar este problema.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Produtos analisados

As amostras utilizadas para a realização deste estudo foram fornecidas pela loja onde se concretizou o estudo. Os produtos avaliados estão indicados na tabela 3. A selecção destes produtos foi realizada tendo em conta aqueles que apresentavam maior número de reclamações das lojas. Posteriormente foram adicionados ao estudo, produtos com menor número de reclamações das lojas, de forma a estabelecer uma comparação. Sempre que possível, os produtos de marca própria (MP) foram testados ao mesmo tempo que os da marca do fornecedor correspondente (MF).

3.2. Preparação das amostras

O lote recebido na loja foi imediatamente armazenado numa câmara de refrigeração (temperatura média de $4,70 \pm 2,00^\circ\text{C}$). As amostras a serem testadas foram divididas em 2 grupos:

- **Amostras armazenadas na câmara de charcutaria.**

Uma parte das amostras de cada lote recebido na loja permaneceu armazenada na câmara refrigerada, sem iluminação permanente, durante o período de vida útil do produto (figura 5).

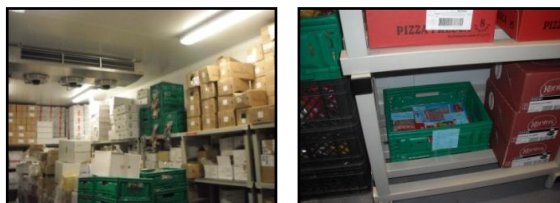


Figura 5. Câmara de charcutaria (lado esquerdo) e amostras guardadas na câmara de charcutaria (lado direito).

- **Amostras dispostas nos expositores de frio (horizontal e vertical).**

As restantes amostras recebidas na loja foram identificadas de modo a impedir a sua utilização pelos clientes e expostas nos lineares (figura 2). No fim do ensaio (após evidenciarem sinais de descoloração que levassem à rejeição pelo consumidor) foram retiradas do linear e enviadas para laboratório.

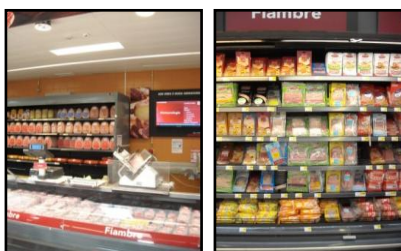


Figura 6. Expositor Horizontal I (lado esquerdo) e Expositor vertical (lado direito).

Tabela 2. Produtos de charcutaria embalados utilizados nos ensaios.

	CÓDIGO	DENOMINAÇÃO DO PRODUTO	Preço (€)/kg produto	ESPESSURA (mm)	INGREDIENTES E ADITIVOS
MAIOR Nº DE RECLAMAÇÕES DE LOJA	MP ₁ ¹	Fiambre Perna Extra Fatias Finas	8,85	0,65	Carne da perna de suíno, água, dextrose, sal, regulador de acidez (lactato de sódio), emulsionantes (polifosfatos de sódio e potássio), gelificante (carragenina), especiarias, antioxidante (eritorbato de sódio), conservante (nitrito de sódio), aromas, aroma de fumo.
	MF ₁ ¹	Fiambre Perna Extra Fatias Finíssimas	19,88	0,45	Carnes de perna de suíno, água, sal, dextrose, emulsionantes (polifosfatos de sódio e de potássio), gelificante (carragenina), especiarias, antioxidante (ascorbato de sódio), conservante (nitrito de sódio).
	MP ₅ ¹	Fiambre da Perna Extra Fatias Finíssimas	6,67	0,6	Carnes de perna de suíno, água, regulador de acidez (E325), sal, dextrose, emulsionantes (E 450 e E451), gelificantes (E407 e E415), aromatizantes, antioxidante (E316) e conservante (E250).
	MF ₅ ¹	Fiambre Perna Extra Finíssimo	13,27	0,5	Carnes de perna de suíno, água, reguladores de acidez (E325), sal, dextrose, emulsionantes (E450 e E451), gelificantes (E407 e E415), aromas, antioxidantes (E316) e conservantes (E250).
MENOR Nº RECLAMAÇÕES DE LOJA	MP ₆ ¹	Fiambre Fatiado da Pá	6,45	NF ³	Carne de pá de suíno, salmoura, proteína de soja, dextrose, gelificante (E407), emulsionante (E450), antioxidante (E300) e conservante (E250).
	MP ₇ ¹	Fatias de Fiambre da Pá	4,95	1,45	Carne de pá de suíno, água, dextrose, sal, regulador de acidez (E325), emulsionantes (E452a e E452b), gelificante (E407), proteínas lácteas, proteína de soja, antioxidante (E316), aromatizantes, conservante (E250).

¹ Amostra embalada em atmosfera modificada (MAP) ² Amostra embalada a vácuo ³ NF- Dado não fornecido

3.3. Ensaio realizados

O estudo da descoloração das amostras foi efectuado através de vários testes realizados a uma série de produtos, durante um período de 5 meses (Tabela 3). Durante esse período, as amostras foram testadas utilizando lâmpadas com diferentes características (Anexo I) e expositores em diferentes espaços da loja. Os testes realizados encontram-se seguidamente descritos.

Tabela 3. Cronograma dos testes realizado ao longo do estudo e amostras analisadas no ano de 2011.

Teste	Período de análise	Amostras analisadas
I	7 Fevereiro a 26 de Maio	MP1, MF1, MP5, MF5, MP6, MP7
II	27 de Abril a 27 de Maio	MP1, MF1, MP5, MF5, MP7, MP6
III	2 de Maio a 26 de Maio	MP1, MF1, MP5, MF5, MP7, MP6
IV	10 de Maio a 23 de Maio	MP1, MF1, MP5, MF5, MP6, MP7
V	17 de Maio a 27 de Maio	MP1, MF1, MP5, MF5, MP6, MP7
VI	17 de Maio a 8 de Junho	MP1, MF1, MP5, MF5, MP6, MP7
VII	17 de Maio a 8 de Junho	MP1, MF1, MP5, MP6, MP7

3.3.1. Teste I

O teste I foi realizado com a iluminação existente nos móveis de charcutaria da loja (tabela 4). Para este teste, numa fase experimental, as amostras foram dispostas numa camada sujeita à iluminação nos expositores horizontal e vertical. Este teste foi feito com amostras com maior número de reclamações de loja (MP1,MF1,MP5,MF5).

Tabela 4. Iluminação presente no teste I.

Expositor	Iluminação aplicada	Área com Clarabóias
Vertical	Philips Master TL5 HE 28W/840	Sim
Horizontal I	Philips Master Colour 70W/830	Sim

Posteriormente, as amostras foram testadas em duas camadas sobrepostas, de forma que uma camada ficou exposta directamente à luz (camada da frente) e a outra camada ficou protegida (camada de trás), como está ilustrado na figura 7. O ensaio com duas camadas foi realizado para as mesmas referências do ensaio anterior sendo adicionadas ao estudo um novo grupo de referências que apresentavam menor número de reclamações (MP6, MP7).

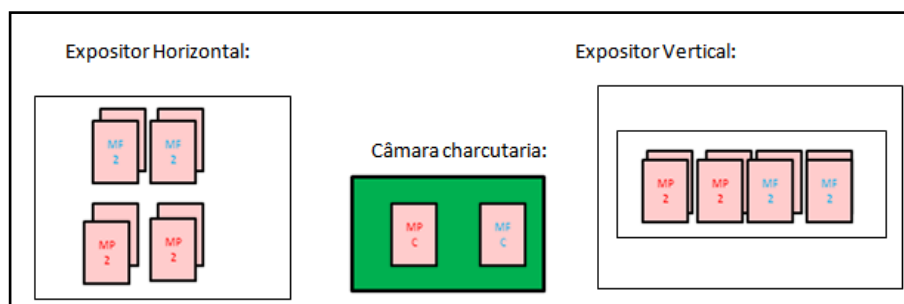


Figura 7. Esquema do ensaio com duas camadas de amostras.

3.3.2. Teste II

O teste II foi realizado com lâmpadas de tecnologia LED (Lighting Emitting Diode) nos móveis de charcutaria da loja. As amostras foram dispostas em duas camadas sobrepostas.

Tabela 5. Iluminação presente no teste II.

Expositor	Iluminação aplicada	Área com Clarabóias
Vertical	MASTER Led tube GA 22W/840	Sim
Horizontal I	Philips BBS490 DLED-3000 PSU-E GR	Sim

3.3.3. Teste III

O teste III foi realizado nas várias prateleiras (seis prateleiras) do expositor vertical com a iluminação utilizada no móvel (tabela 6).

Tabela 6. Iluminação presente no teste III.

Expositor	Iluminação aplicada	Área com Clarabóias
Vertical	Philips Master TL5 HE 28W/840	Sim

Neste teste, para cada prateleira, as cuvetes de fiambre foram expostas em duas camadas sobrepostas. Não foi possível dispor na 1ª prateleira todas as amostras analisadas, uma vez que esta é uma prateleira bastante utilizada para disposição dos produtos que se encontram à venda na loja.

3.3.4. Teste IV

O teste IV foi realizado com lâmpada de utilização específica para produtos cárneos, de acordo com o fornecedor de lâmpadas.

Tabela 7. Iluminação presente no teste IV.

Expositor	Iluminação aplicada	Área com Clarabóias
Vertical	Master TL-D Food Secura 36 W/79 SLV	Sim

As amostras foram dispostas em duas camadas sobrepostas no expositor vertical.

3.3.5. Teste V

O teste V foi realizado num expositor horizontal (ilha) situado por baixo de uma clarabóia, (figura 8), o que permitiu estudar o efeito da luz solar na descoloração das amostras. As amostras foram dispostas no expositor horizontal em duas camadas sobrepostas.

Tabela 8. Iluminação presente no teste V.

Expositor	Iluminação aplicada	Área com Clarabóias
Horizontal II	Nenhuma	Sim (directo)

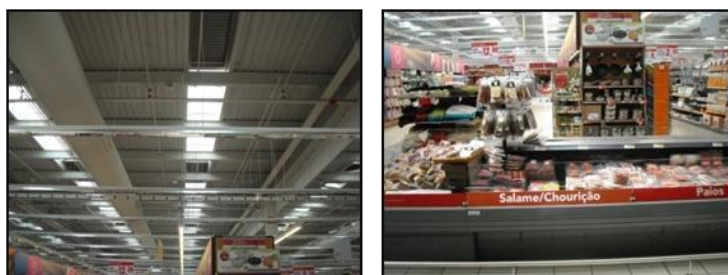


Figura 8. Clarabóias existentes na loja (lado esquerdo) e ilha por baixo das clarabóias (lado direito).

3.3.6. Teste VI

O teste VI foi realizado num expositor horizontal situado por baixo de um tecto falso (sem clarabóia) com 2 iluminações diferentes (tabela 9).

Tabela 9. Iluminação presente no teste VI.

Expositor	Iluminação aplicada	Área com Clarabóias
Horizontal III	Philips Master Colour 70W/830	Não
	Philips BBS490 DLED-3000 PSU-E GR	

Selecionou-se este expositor horizontal pois pretendia-se testar o efeito da iluminação aplicada sobre a descoloração das amostras sem a contribuição da luz solar que entra pelas clarabóias dispostas pela loja. Os testes foram realizados na zona de talho (que tem um tecto falso), testando-se simultaneamente as amostras em duas zonas do expositor horizontal III (Figura 9) com iluminação B1 e B2. Esta iluminação foi testada no expositor horizontal I, no teste I e II (respectivamente), com a contribuição da luz solar.



Figura 9. Expositor horizontal onde se submeteram as amostras para teste com lâmpada B1 (circulo branco) e lâmpada B2 (circulo preto).

3.3.7. Teste VII

O teste VII foi realizado com a iluminação do expositor vertical apagada. As amostras foram dispostas em duas camadas sobrepostas no expositor vertical. Os ensaios foram realizados na 1ª e 6ª prateleira.

Tabela 10. Iluminação presente no teste VII.

Expositor	Iluminação aplicada	Área com Clarabóias
Vertical	Nenhuma	Sim

3.4. Análises microbiológicas e físico-químicas

A avaliação dos parâmetros microbiológicos e físico-químicos do fiambre foi efectuada através de análises sem o produto ser exposto à iluminação presente nos lineares das lojas (t_0). Após um período variável de exposição do produto nos lineares (t_{final}), quando este apresentava sinais de descoloração (que pudessem levar à rejeição pelo consumidor) realizavam-se as mesmas análises laboratoriais.

As amostras a serem analisadas foram transportadas para um laboratório externo certificado (Agroleico) em caixa isotérmica, em menos de uma hora.

As análises que se seguem foram realizadas no sentido de apurar se a descoloração do produto podia ter origem em alterações microbiológicas ou físico-químicas.

- **Contagem de microrganismos a 30 °C (Aeróbios Totais)**, segundo o método descrito na NP 4405:2002. Esta análise destinou-se a estimar alterações no número total de microrganismos no produto após este registar alterações visíveis.
- **Azoto Básico Volátil (ABVT)**, segundo o método descrito na NP-1848 (ME-204). Sendo o ABVT utilizado como índice de frescura dos alimentos, esta análise destinou-se a detectar alterações na qualidade do produto após este registar alterações visíveis.

3.5. Controlos realizados na loja

3.5.1. Temperatura

Foi realizado o registo diário de temperaturas dos expositores de frio e câmara onde se encontravam as amostras, através de um termómetro de infravermelhos (Marca Jules Richard Instruments, Modelo Flashalim), da leitura da sonda do móvel e da câmara e da leitura da sonda registadora (datalogger Marca LASCAR, Modelo EL-USB-2).

No caso do uso do datalogger a medição e registo foram efectuados de 30 em 30 minutos durante o período dos ensaios realizados. O aparelho foi colocado à superfície da amostra (ou conjunto de amostras) com o auxílio de fita adesiva (Figura 10).



Figura 10. Amostra com datalogger colocado na superfície da embalagem.

3.5.2. Medição do fluxo luminoso dos expositores

Foi realizada a medição do fluxo de luminoso (iluminância), através de um luxímetro da marca HANADA/OEM, modelo LX-9621 (Figura 11) utilizando-se como unidade de medida o Lux. A avaliação do fluxo de luz foi efectuada em pelo menos 3 pontos de cada linha da prateleira dos expositores onde as amostras foram colocadas. O valor de iluminância foi obtido da média aritmética de três determinações.



Figura 11. Luxímetro utilizado no estudo.

3.5.3. Avaliação diária do aspecto macroscópico do produto

A avaliação do aspecto macroscópico do produto foi realizada diariamente na loja, utilizando um pantone (Anexo II). Um pantone é uma escala de cores, utilizada especialmente pela indústria gráfica, podendo também ser utilizada ocasionalmente pela indústria textil, de tintas e plásticos.

Quando as amostras apresentavam sinais de violação da embalagem, ou alteração do volume de atmosfera protectora, mergulhavam-se as embalagens em água para averiguar se existiam microperfurações.

3.5.4. Determinação da relação Volume produto/Volume de gás da atmosfera

Para determinar o volume de gás da atmosfera das embalagens de fiambre, mediu-se a massa da embalagem com o fiambre (massa inicial) e em seguida imergiu-se a mesma num depósito de água, medindo-se a massa da embalagem com o fiambre e água (massa final). À diferença dada entre o valor de massa final e massa inicial (massa de água que entrou por imersão), dividiu-se pela densidade de água (medida através de densímetro Mettler Toledo), obtendo-se o valor de volume da atmosfera, como está descrito na seguinte equação realizada para a amostra MP1:

$$\text{Volume de gás da atmosfera} = \frac{\text{Massa final} - \text{Massa inicial}}{\text{Densidade de água}}$$

Para determinar o volume de fiambre, para cada amostra imergiu-se em água numa proveta o fiambre correspondente. O aumento de volume de água na proveta corresponde ao volume de fiambre.

Dividindo o volume de fiambre pelo volume de água que entra por imersão (a que corresponde o volume de gás de atmosfera do produto), obtém-se a relação volume produto/volume de gás da atmosfera.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro passo deste estudo foi demonstrar qualitativamente a acção da luz aplicada nos expositores refrigerados na alteração de cor do fiambre.

Os resultados obtidos para o teste I mostraram que as amostras que se encontravam na linha da frente em contacto directo com a luz, descoloraram, ao contrário das amostras que

se encontravam na linha de trás e na câmara de charcutaria (Figura 12). Esta descoloração registou-se ao fim de 24 horas de exposição dos fiambres à iluminação existente no linear.



Figura 12. Amostra da linha da frente (lado esquerdo) e amostra da linha de trás (lado direito).

Após retiradas as amostras descoloradas e abrindo a embalagem, foi possível observar que estas apenas alteraram de cor na parte onde o filme não era pigmentado (transparente) (Figura 13). Este comportamento das amostras vem de encontro aos resultados obtidos por Jackobsen *et al.* (2005). Segundo este estudo, a transmissão de luz pelo material de embalagem foi reduzida para 0-30% (300-800nm) pela pigmentação do filme superior ou adição de rótulos. Desta forma, a luz ao penetrar nas embalagens induz a alteração de cor dos fiambres e isto ocorre mais facilmente nas zonas da embalagem onde a transmissão de luz é superior (parte transparente da embalagem sem rótulo).



Figura 13. Diferenças entre zonas expostas e protegidas da luz pela impressão da embalagem.

4.1 Efeito da iluminância e da temperatura na descoloração

Os resultados apresentados dizem respeito apenas às amostras que se encontravam na camada da frente expostas à iluminação, uma vez que apenas estas descoloraram. Os valores de temperatura apresentados, são referentes às temperaturas medidas pela sonda do móvel.

4.1.1 Estudo do efeito da luz de exposição na alteração de cor das amostras

Na tabela 11 e 12 encontram-se apresentados os resultados dos testes realizados nos expositor horizontal I e expositor vertical (respectivamente).

Como se pode verificar através dos resultados obtidos, o teste para o qual as amostras mantiveram a cor inicial durante mais tempo foi aquele em que foi utilizada a lâmpada com a referência *Master TL-D Food Secura 36 W/79 SLV* (“lâmpada cárneos”).

Expostas a esta lâmpada, as amostras tardaram entre 1-3 dias a descolorar, ao contrário das restantes lâmpadas testadas, em que os produtos registaram alteração de cor geralmente após 1 dia de exposição.

É de evidenciar, que a iluminância média registada no teste com a “lâmpada cárneos” é mais baixa (63 lux) comparativamente às outras lâmpadas (101, 85, 148 e 142 lux). Já a temperatura média registada para o teste com a “lâmpada cárneos” é mais alta (7.7°C) em relação aos testes realizados com as outras lâmpadas.

O teste com as luzes de exposição apagadas realizou-se no período de uma semana, uma vez que não era possível prolongar o período do teste por questões comerciais da loja. Os resultados apresentados na tabela 12, mostram que, com as luzes apagadas a descoloração ocorreu preferencialmente na sexta prateleira, onde as amostras analisadas no geral registaram alteração de cor após de um dia de exposição. Em relação aos resultados obtidos para a primeira prateleira, registou-se a descoloração das amostras MP1 e MP5 no quinto dia de exposição, e as restantes amostras não apresentaram sinais de descoloração ao fim de uma semana.

O nível de Iluminância na sexta prateleira é superior (77 lux) ao registado para a primeira prateleira (23 lux). A explicação reside no facto de a 6ª prateleira encontrar-se mais exposta à luz solar que entra pelas clarabóias devido ao facto de o produto estar disposto na posição horizontal. Relativamente às temperaturas, a temperatura média da primeira prateleira é inferior à registada na sexta prateleira (tabela 12).

As amostras MP6 (Fiambre da Pá Fatiado) não descoloraram em nenhum teste, mas ficaram opacas em todos os testes realizados, contudo no expositor vertical tal verificou-se num intervalo de tempo mais curto que no expositor horizontal. Este resultado pode dever-se ao facto da temperatura média registada do expositor horizontal ter sido inferior à temperatura média registada do expositor vertical (ver gráfico das temperaturas registadas pelo datalogger nos expositores na figura 17 do Anexo II). Ao expor este assunto à equipa

técnica da loja, foi-nos dito que a temperatura do expositor horizontal é inferior possivelmente devido ao facto de a cortina de frio que se forma no expositor horizontal ser mais eficaz do que a do expositor vertical, onde ocorrem mais perdas. Como tal, temperaturas mais elevadas podem favorecer o desenvolvimento mais rápido da flora microbiana do fiambre com consequente produção de CO₂ e aumento de volume das embalagens.

Em certos casos, algumas amostras não foram testadas (“Nd”), devido à falta de stock destas referências no momento em que foi iniciado o teste.

Tabela 11. Tempo (dias) que decorre desde que as amostras são colocadas no expositor horizontal I e na câmara de charcutaria (t₀) até serem retiradas (t_i) devido à apresentação de alterações visíveis ou desaparecimento. Valores médios de iluminância e temperatura para cada teste realizado.

Amostras	Validade	Exp.Horizontal I	Câmara Charc.	Exp.Horizontal I	Câmara Charc.
		Projector existente	-	Projector LED	-
MP1	40	1	37	1	31
MF1	40	1	28	1	26
MP5	45	1	38	Nd	Nd
MF5	45	1	38	Nd	Nd
MP6	30	24 ^c	26	19 ^c	22
MP7	40	1	26	1	27
Iluminância média (lux)	-	101	0	85	0
Temperatura média (°C)	-	3,9	4,7	3,7	4,7

^a Amostra sem alteração ao fim de uma semana. ^b Amostra desaparecida. ^c A embalagem ficou opada, sem alteração da cor do produto. ^d O prazo de validade da amostra expirou. ^f Amostra sem alteração no fim do estudo. Nd – Não determinado.

Tabela 12. Tempo (dias) que decorre desde que as amostras são colocadas no expositor vertical e na câmara de charcutaria (t₀) até serem retiradas (t_i) devido à apresentação de alterações visíveis, desaparecimento ou término do estudo. Valores médios de iluminância e temperatura.

Amostras	Exp. Vertical	Câmara Charc.	Exp. Vertical	Câmara Charc.	Exp. Vertical	Câmara Charc.	Exp. Vertical	Câmara Charc.
	Lâmpada existente	-	Lâmpada LED	-	Lâmpada Carneos	-	Lâmpada apagada	-
							1 ^a 6 ^a Prat. Prat.	
MP1	1	37	1	31	1-3	32	5 1	25
MF1	1	28	1	26	1-3	31	>7 ^a 1	30
MP5	1	38	1	41	2	40	5 1	38
MF5	1-2	38	1	38	>4 ^b	17	Nd Nd	Nd
MP6	14 ^c	26	12 ^c	22	11 ^c	23	>7 ^a >7 ^a	24
MP7	17	26	1	27	1	32	>2 ^b >2 ^b	26
Iluminância média (lux)	148	0	142	0	63	0	23 77	0
Temperatura média (°C)	6,0	4,7	5,9	4,7	7,7	4,7	5,5 6,2	4,7

^a Amostra sem alteração ao fim de uma semana. ^b Amostra desaparecida. ^c A embalagem ficou opada, sem alteração da cor do produto. ^d O prazo de validade da amostra expirou. ^f Amostra sem alteração no fim do estudo. Nd – Não determinado.

4.1.2 Estudo do efeito da posição das amostras no expositor vertical

O teste que se segue foi realizado nas várias prateleiras do expositor vertical com a iluminação existente deste móvel.

De acordo com os resultados apresentados na tabela 13, a descoloração das amostras ocorreu mais rapidamente na 1^a, 2^a e 6^a prateleira (entre 0 a 24 horas), onde os valores de Iluminância registados foram respectivamente 141,155 e 178 lux. As amostras que se encontravam na 3^a e 4^a prateleira descoloraram entre 1 a 4 dias de exposição, sendo os valores de Iluminância registados nestas prateleiras 83 e 99 lux respectivamente. Por fim, as amostras encontradas na 5^a prateleira tardaram entre 2-3 dias a descolorar, sendo o valor de Iluminância registado 73 lux. Em relação às temperaturas, a 1^a prateleira é onde se registam temperaturas mais elevadas (7,0 °C) seguida pela 4^a (5,2°C) e 5^a (4,8 ° C) prateleira (tabela 14).

Note-se que as amostras MP1, MF1, MP6 e MP7 não foram testadas na 1^a prateleira devido à inexistência de espaço para realizar o teste.

A amostra MP6 (Fiambre da Pá Fatiado) à semelhança do que ocorreu no estudo anterior, não alterou de cor, no entanto ficou opada entre o 14^o e 18^o dia de exposição (resultado verificado na 2^a, 5^a e 6^a prateleira), tendo desaparecido na 3^a e 4^a prateleira, onde permaneceu até ao 4^o dia de exposição (não apresentou até essa data alteração de cor).

Tabela 13. Tempo (dias) que decorre desde que as amostras são colocadas nos expositores (t₀) até serem retiradas (t_i) devido à apresentação de alterações visíveis, desaparecimento ou expiração do prazo de validade. Valores médios de iluminância e temperatura para cada prateleira.

Amostras	Prateleiras do Expositor Vertical						Câmara Charcutaria
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	-
MP1	Nd	1	1	1	2	1	26
MF1	Nd	1	1	1	3	1	21
MP5	1	1	2	2	2	1	31
MF5	1	1	1	1	2	1	29
MP6	Nd	14 ^c	>4 ^b	>4 ^b	14 ^c	18 ^f	17
MP7	Nd	7	4	1	3	1	23
Iluminância média (lux)	141	155	83	99	73	178	0
Temperatura média (°C)	7,0	4,5	4,3	5,2	4,8	4,3	4,7

^a Amostra sem alteração ao fim de uma semana. ^b Amostra desaparecida. ^c A embalagem ficou opada, sem alteração da cor do produto. ^d O prazo de validade da amostra expirou. ^f Amostra sem alteração no fim do estudo. Nd – Não determinado.

4.1.3 Estudo do efeito da localização dos expositores na loja

Na tabela 14 encontram-se apresentados os resultados relativos ao teste realizado no Expositor Horizontal II (“ilha”) sem iluminação aplicada e situado na loja por baixo de uma clarabóia.

De acordo com os resultados apresentados na tabela seguinte, é possível observar que as amostras descoloraram em média após 1-2 dias de exposição à luz solar que entrava pelas clarabóias da loja. A amostra MP6 (Fiambre Fatiado da Pá), à semelhança dos resultados obtidos para os outros testes, não descolorou, tendo permanecido no expositor até ao 10º dia de exposição. O valor de iluminância e temperatura média para este teste foi respectivamente de 177 lux e 8,3 °C. As amostras mantidas na câmara de charcutaria mantiveram-se sem alterações visíveis até ao final do seu prazo de validade. A iluminância e temperatura médias registadas na câmara foram de 0 lux e 4,7 °C, respectivamente.

Tabela 14. Tempo (dias) que decorre desde que as amostras são colocadas nos expositores/câmara (t_0) até serem retiradas (t_i) por apresentação de alterações visíveis ou desaparecimento. Valores médios de iluminância e temperatura relativos ao expositor horizontal II e câmara de charcutaria.

Amostras	Expositor horizontal II	Câmara charcutaria
MP1	1	25
MF1	1	32
MP5	1	39
MF5	1	37
MP6	>10 ^b	28
MP7	2	27
Iluminância média (lux)	177	0
Temperatura média (°C)	8,3	4,7

^a Amostra sem alteração ao fim de uma semana. ^b Amostra desaparecida. ^c A embalagem ficou opada, sem alteração da cor do produto. ^d A embalagem perdeu estanquicidade. ^e Acumulação de sal. ^f O prazo de validade da amostra expirou. ^g Amostra sem alteração no fim do estudo. Nd – Não determinado.

4.1.4 Estudo do efeito do tipo e localização do móvel na loja

Na tabela 15 encontram-se apresentados os resultados obtidos para os testes realizados no Expositor Horizontal III com a iluminação aplicada existente na loja e do tipo LED.

O Expositor Horizontal III difere dos Expositores Horizontais I e II no que diz respeito ao seu posicionamento e qualidade de frio. O Expositor Horizontal III encontra-se numa zona da loja sem influência da luz solar, devido à existência de um “tecto falso” ao contrário dos Expositores Horizontais I e II que se encontram próximos de uma clarabóia. A qualidade do frio também é diferente, pois o Expositor Horizontal III está regulado para 0°C enquanto que os Expositores I e II estão regulados respectivamente para 3 e 2 °C

Os resultados seguidamente apresentados mostram que não existem diferenças significativas ao testar o efeito do projector existente na loja, em condições mais baixas de

temperatura e ausência de luz solar, pois como vimos no ponto 3.1.1 (tabela 11) as amostras também descoloraram após 1 dia de exposição quando sujeitas à luz solar e temperaturas mais altas. Assim, o valor médio de iluminância registado na ausência de luz solar (Expositor Horizontal III) não é muito diferente (83 lux) do valor médio de iluminância registado na presença de luz solar (Expositor Horizontal I) (101 lux). Talvez por isso, os resultados obtidos tenham sido semelhantes.

O projector LED, quando utilizado na presença ou ausência de luz solar, teve diferente efeito na descoloração das amostras. Assim, conforme é visível na tabela 11 as amostras iluminadas pelo LED na presença de luz solar, descoloraram em média após 1 dia de exposição, e na ausência de luz solar (tabela 15), descoloraram após 2-6 dias de exposição. Neste caso a contribuição da luz solar teve um impacto importante no aumento da iluminância de 45 lux (Iluminação LED na ausência de luz solar) para 85 lux (iluminação LED na presença de luz solar), o que afectou a descoloração das amostras.

Tabela 15. Tempo (dias) que decorre desde que as amostras são colocadas nos expositores (t_0) até serem retiradas (t_f) por apresentação de alterações visíveis, expiração do prazo de validade ou término do estudo. Valores médios de iluminância e temperatura relativos ao expositor horizontal I e III.

Amostras	Projector LED		Projector existente	
	Expositor Horizontal III	Câmara de Charcutaria	Expositor Horizontal III	Câmara de Charcutaria
MP1	3	25	1	25
MF1	3	32	1	32
MP5	2	39	1	39
MF5	6	37	1	37
MP6	13 ^f	28	13 ^{c†}	28
MP7	>15 ^g	27	2	27
Iluminância média (lux)	45	0	83	0
Temperatura média (°C)	1,2	4,7	1,2	4,7

^a Amostra sem alteração ao fim de uma semana. ^b Amostra desaparecida. ^c A embalagem ficou opada, sem alteração da cor do produto. ^d A embalagem perdeu estanquicidade. ^e Acumulação de sal. ^f O prazo de validade da amostra expirou. ^g Amostra sem alteração no fim do estudo. Nd – Não determinado.

4.1.5 Análise global dos resultados

Os valores de temperatura, iluminância e tempo de descoloração utilizados para a realização dos gráficos apresentados nas figuras 14 e 15 encontram-se no Anexo III. Estes valores resultam da compilação dos resultados obtidos para todas as amostras nos diferentes estudos apresentados anteriormente. Como as amostras mantidas na câmara de charcutaria, não descoloraram até ao final do seu prazo de validade, considerou-se o tempo de vida útil das amostras como o tempo para descoloração na ausência de luz.

O gráfico apresentado na figura 14 diz respeito ao tempo que as amostras tardam a descolorar quando sujeitas a diferentes temperaturas nos expositores/câmara testados.

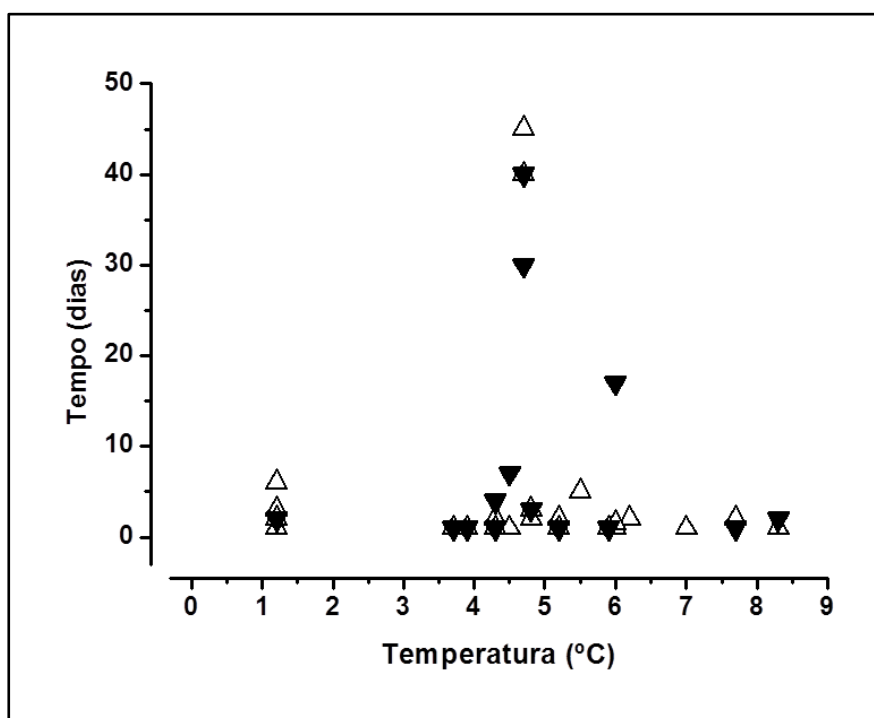


Figura 14. Tempo (dias) que decorre até as amostras descolorarem em função da temperatura média (°C) registada nos expositores de frio (triângulos fechados e triângulos abertos correspondem a fiambres fatiados e finíssimos, respectivamente).

Através da análise deste gráfico, é possível constatar que no intervalo de temperaturas registadas, as variáveis temperatura e tempo são independentes. O facto de aumentar a temperatura no expositor não significa que o tempo em que as amostras alteram de cor seja maior ou menor (e vice-versa). O pico no gráfico registado à temperatura de 4,7 °C diz respeito às amostras conservadas na câmara de charcutaria, na ausência de iluminação permanente.

O gráfico apresentado na figura 15 é relativo ao tempo que as amostras tardam a descolorar quando sujeitas a diferentes iluminâncias nos expositores testados. Para a obtenção deste gráfico ajustou-se pelo método não linear (Origin, versão 6, Microcal Software Inc., Northampton, USA) uma exponencial pelos pontos do gráfico.

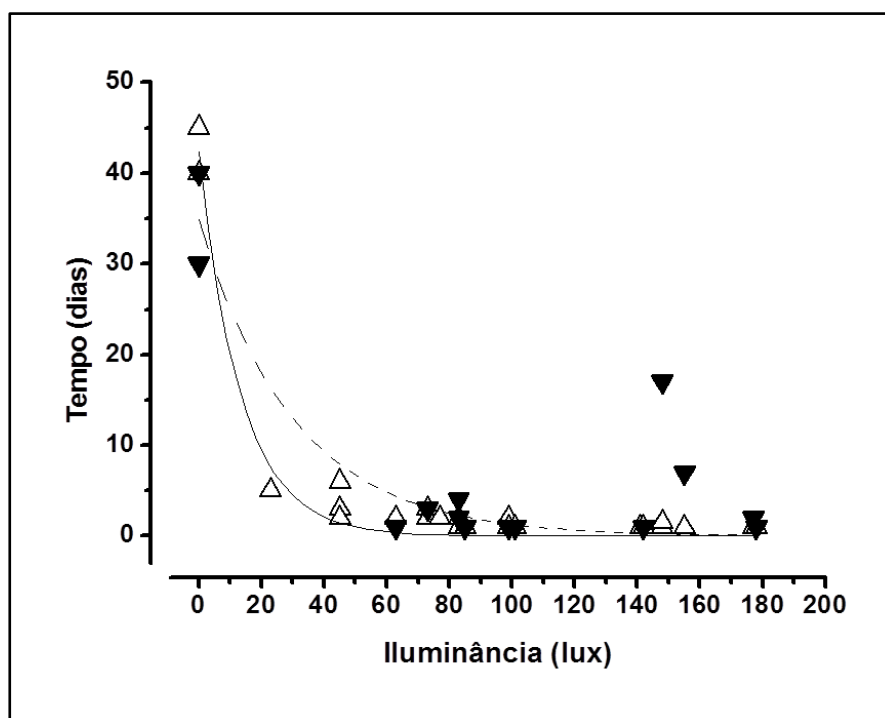


Figura 15. Tempo (dias) que decorre até as amostras descolorarem em função da iluminância média (lux) registada nos expositores de frio. Os triângulos fechados e a linha a tracejado dizem respeito aos fiambres fatiados e os triângulos abertos e a linha preenchida aos fiambres finíssimos.

Foi ajustada uma regressão não linear aos dados para os fiambres finíssimos e fatiados, obtendo-se os seguintes resultados:

Tabela 16. Resultados obtidos para a regressão não linear realizada para os dados dos fiambres finíssimos e fatiados.

	Função exponencial de decaência	R^2	χ^2	y_0		A1		t_1	
				Valor	Sd ^a	Value	Sd ^a	Value	Sd ^a
Finíssimos	$y = y_0 + A1e^{\frac{-x}{t_1}}$	0,97	2,50	0	0	42,36	0,79	13,37	1,00
Fatiados		0,80	33,07	0	0	34,87	4,07	30,37	10,28

^a Desvio padrão.

Analisando os resultados apresentados na tabela 16 e calculando o parâmetro associado à iluminância ($-1/t_1$) para os finíssimos, verificamos que este é de - 0,075. Já o valor deste parâmetro obtido para os fatiados é de - 0,033. Comparando estes dois valores em termos absolutos, constatamos que o dos finíssimos é superior ao dos fatiados. Isto significa que a velocidade de descoloração dos fiambres (dada pela constante $1/t_1$), é superior nos finíssimos comparativamente com os fatiados quando expostos à iluminação. Este facto pode dever-se à espessura das fatias dos fiambres finíssimos ser inferior à dos fiambres

fatiados. Assim, a uma menor espessura de fatia pode estar associada uma maior susceptibilidade do fiambre a reacções de descoloração catalizadas pela luz. A susceptibilidade a reacções de rancificação e deterioração microbiológica também pode aumentar ao diminuir a espessura das fatias.

Uma análise mais cuidada do gráfico, mostra que o tempo (dias) que as amostras tardam a descolorar baixa à medida que a iluminância (lux) sobe, mas que a partir de um determinado valor, por mais que se aumente a iluminância o tempo em que as amostras descoloram permanece constante. Assim, para valores de iluminância iguais ou superiores a 60 lux, as amostras de fiambre finíssimos descoloram sempre após um dia de exposição à luz. Já nos fatiados, o valor de iluminância acima do qual o tempo de descoloração mantém-se constante (1 dia) é de 120 lux o que demonstra novamente a maior resistência à descoloração pela luz dos fatiados.

Os pontos que se encontram mais distantes da curva exponencial de decadência dos fiambres fatiados ($y=7$, $x= 155$ e $y= 17$, $x=148$) correspondem a situações em que os fiambres foram deslocados do seu local de exposição inicial, pelos clientes ou operadores da loja. Talvez por esta razão, as amostras tenham tardado mais tempo a descolorar (não estiveram continuamente expostas à iluminação). Note-se que os testes foram realizados em condições de normal funcionamento das lojas, sendo os fiambres testados em expositores de venda dos produtos. Assim, apesar dos fiambres encontrarem-se devidamente identificados, estes eram manuseados pelos clientes ou operadores das lojas, por motivos de curiosidade ou reposição dos expositores.

4.2 Razão de volumes “Product/headspace” e características do produto

Os valores de volume de produto e atmosfera assim como a sua relação “product to headspace volume ratio”, estão apresentados na tabela 17 para cada amostra analisada.

Tabela 17. Volume do produto, atmosfera e respectiva razão de volumes para cada amostra.

Amostras	Volume produto (cm ³)	Volume atmosfera (cm ³)	“Product to headspace volume ratio” (Vproduto/Vatmosfera)
MP1	140	395,9	1:2,8
MF1	170	360,1	1:2,1
MP5	170	575,1	1:3,3
MF5	160	367,3	1:2,3
MP6	200	149,3	1:0,75
MP7	200	214,1	1:1,1

Os dados concedidos pelos fornecedores relativos à embalagem (filme superior) e composição da atmosfera para cada amostra, encontram-se resumidos na tabela 18.

Tabela 18. Dados da atmosfera e embalagem das amostras em estudo.

Amostras	Dados da atmosfera			Dados embalagem (filme superior)
	Composição	Nível de O ₂ residual (máximo)	Nível de O ₂ residual normalmente registado	OTR (cm ³ /m ² /24h)
MP1	55% N ₂ , 45%CO ₂	1%	< 0,5%	< 6
MF1	55% N ₂ , 45%CO ₂	1%	< 0,5%	< 6
MP5	70% N ₂ , 30%CO ₂	0,5%	0,2-0,4%	<4
MF5	70% N ₂ , 30%CO ₂	0,5%	0,2-0,4%	<4
MP6	NF	NF	NF	NF
MP7	55% N ₂ , 45%CO ₂	1%	< 0,5%	< 6

NF - Dado não concedido pelos fornecedores

Todas as amostras testadas à excepção de MP6 (Fiambre Fatiado da Pá) alteraram de cor nos vários testes realizados durante o estudo.

Analisando os dados da tabela 17, verificamos que MP6 possui uma maior relação “Volume produto/Volume atmosfera” (1:0,75), o que significa que possui um menor espaço de cabeça comparativamente com os outros produtos.

Segundo Møller *et al.*, 2003, para manter a cor estável de presunto embalado em atmosfera modificada é necessário manter o nível do oxigénio na embalagem baixo e a razão de volumes “product/headspace” alta. De outra forma, não é suficiente manter o nível de oxigénio baixo se: (1) forem utilizadas embalagens com grandes espaços de cabeça, pois nesse caso o volume do oxigénio aumenta, (2) níveis de iluminação elevados. Um estudo realizado sobre o efeito do oxigénio residual na estabilidade da cor de fiambres embalados em atmosfera modificada, mostrou ainda que o limite de O₂ residual presente no início na embalagem deve encontrar-se entre 0,1 e 0,5 %, para que a cor dos produtos expostos à iluminação permaneça estável (Møller *et al.*, 2000).

Não foi medida a quantidade de oxigénio no interior da embalagem e no caso do fiambre MP6 não se sabem informações acerca do nível de oxigénio residual medido após o fabrico do produto ou do valor de OTR (Oxygen Transmission Rate) do filme, uma vez que estas informações não foram concedidas pelo fornecedor deste produto.

Comparando os fiambre fatiados, constatamos que a iluminação presente nos testes foi capaz de causar descoloração na amostra MP7 (Fatias de Fiambre da Pá), não provocando descoloração na amostra MP6 (Fiambre Fatiado da Pá). Vários podem ser os factores responsáveis por esta diferença de resultados: maior relação “Volume produto/Volume atmosfera” de MP6, permeabilidades diferentes ao oxigénio pelas embalagens das amostras, diferente conteúdo inicial em oxigénio presente nas embalagens, diferenças na espessura da fatia das amostras, diferenças na qualidade das matérias primas e no processamento (diferentes quantidades adicionadas, nomeadamente de antioxidantes), etc. Note-se que o preço/kg de MP6 é consideravelmente superior ao de MP7 (tabela 2), o que poderá significar que a qualidade das matérias primas utilizadas é superior para MP6, podendo traduzir-se numa maior estabilidade oxidativa associada ao produto.

Estes factores não devem ser vistos isoladamente, mas sim em conjunto, uma vez que interagem uns com os outros na alteração da cor do fiambre quando exposto à luz.

Conforme verificado no ponto 3.1.5, os fiambres fatiados descoloraram mais lentamente do que os fiambres finíssimos. Para além da espessura da fatia, o facto de a relação “Volume produto/Volume atmosfera” ser superior nos fiambres fatiados (como se pode verificar através dos resultados apresentados na tabela 17) pode contribuir para o retardamento da descoloração dos fiambres, devido às razões anteriormente referidas.

4.3 Análises Microbiológicas e Físico-químicas ao produto

Os resultados das análises microbiológicas e físico-químicas realizadas ao produto no tempo inicial (t_0) e quando as amostras descoloravam (t_{final}) para cada teste realizado, encontram-se no Anexo IV. Os resultados foram avaliados estatisticamente recorrendo a uma análise de variância (ANOVA) utilizando a aplicação R para Windows (Anónimo, 2011) e encontram-se apresentados no Anexo V. O objectivo da ANOVA foi determinar se o valor médio de cada variável resposta (log UFC/g aeróbios totais, mg/100 g ABVT) depende dos 5 factores estudados:

1. **Marcas de fiambre:** MP1, MF1, MP5, MF5, MP7 (5 níveis na ANOVA)
2. **Exposição à luz (“Tratamento”):** as amostras que receberam “tratamento” foram expostas à iluminação (nas camadas da frente ou de trás) e as amostras sem tratamento permaneceram no escuro (câmara de charcutaria) (3 níveis);

3. **Tipo de iluminação:** “Existente”, “LED”, “Cárneos”, “sem iluminação” (4 níveis)
4. **Posição:** localização das amostras no expositor vertical (11 níveis);
5. **Tipo de expositor:** expositores horizontais localizados por baixo de clarabóia (exposição à luz solar) ou por baixo de tecto falso (exposição a luz artificial da loja), com e sem “tratamento” (5 níveis).

A inexistência de resultados para todos os fiambres testados não permitiu que fosse realizada a análise de variância completa.

A análise estatística realizada permitiu demonstrar que não existiram diferenças significativas ($\alpha > 0,05$) para log UFC/g aeróbios totais e mg/100 g ABVT, determinados nos fiambres quando mantidos em condições de exposição diferentes (factores 2 a 5). Pelo contrário, todas as marcas de fiambre apresentaram diferenças entre si ($\alpha = 0,05$) em relação ao conteúdo em aeróbios totais (AT).

A semelhança entre os resultados obtidos para os teores em AT, ABVT, entre t_0 e t_{final} era previsível pois a maior parte das amostras foi analisada apenas com 1 dia de exposição. Este facto é um forte indício de que a descoloração está dependente da exposição à luz, sem ser afectada pelas características microbiológicas e físico-químicas das amostras.

Em função destes resultados teria sido interessante avaliar os parâmetros analíticos das amostras que não descoloraram. Este lapso fez com que fosse reduzido o número de amostras sujeitas à ANOVA, impedindo o estudo de todos os casos possíveis.

5. CONCLUSÕES

Para os vários estudos realizados, as amostras “controlo” mantidas na câmara de charcutaria sem luz permanente (iluminância registada com a luz apagada de 0 lux), não alteraram de cor até ao final do seu prazo de validade. No que diz respeito à descoloração dos fiambres esta foi significativamente mais rápida quando expostos à iluminação nos expositores. Já a temperatura de conservação não teve influência na alteração de cor do fiambre, no intervalo de tempo e temperaturas observados.

Os resultados obtidos permitiram concluir que o factor essencial na alteração de cor dos fiambres foi a iluminância, independentemente do tipo de lâmpada. Assim, a lâmpada que

permitiu a conservação da cor dos fiambres por mais tempo foi a lâmpada “cárneos” (MASTER TL-D Food Secura 36W/79 SLV) por ter sido aquela em que se registou uma iluminância média inferior (63 lux). Quando expostos a esta lâmpada, os fiambres tardaram entre 1 a 3 dias a descolorar, ao contrário das restantes lâmpadas testadas em que os fiambres alteraram de cor geralmente após 1 dia de exposição. No mesmo sentido, ao apagarem-se as lâmpadas do expositor, constatou-se que a descoloração ocorreu, pelo menos, após 5 dias, o que se deveu ao facto de a iluminância registada ter sido muito baixa (23 lux). Os resultados obtidos para o teste realizado por baixo de um tecto falso, na ausência de luz solar mostraram que para a iluminação “LED” os fiambres descoloraram em menos tempo, do que quando expostos à mesma iluminação na presença de luz solar. Neste caso a contribuição da luz solar teve um impacto importante no aumento da iluminância. Em suma, a velocidade de descoloração foi semelhante quando os produtos foram expostos à mesma iluminância e o seu aumento da iluminância provocou a descoloração mais rápida das amostras.

Outro factor que afecta a descoloração é a espessura de corte dos fiambres. Para valores de iluminância iguais ou superiores a 60 lux, os fiambres finíssimos descoloraram sempre após um dia de exposição à luz. Já para os fiambres fatiados, este valor foi de 120 lux, o que demonstra uma maior resistência à descoloração destes. Para além disso, a velocidade de descoloração dos fiambres foi inferior para os fiambres fatiados. A maior sensibilidade à alteração de cor dos fiambres finíssimos pode dever-se à menor espessura das suas fatias e/ou ao facto de possuir uma menor relação Volume de produto/Volume de atmosfera (o que pode levar ao aumento do volume de oxigénio dentro da embalagem), entre outros factores que não foram estudados.

Para os fiambres fatiados, a amostra MP6 (Fiambre da pá fatiado) não descolorou em nenhum dos testes realizados, ao contrário da amostra MP7 (Fatias de fiambre da pá). Os factores responsáveis por esta diferença de resultados podem ter sido diversos (e.g. conteúdo em oxigénio residual das embalagens, permeabilidade do oxigénio das embalagens, relação Volume produto/Volume atmosfera, qualidade das matérias-primas, teor de antioxidantes) que não nos foram facultados pelo fornecedor do fiambre que não descolorou.

Para um estudo mais conclusivo sobre a influência dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados na descoloração do fiambre exposto à luz, seria necessário realizar as análises em condições padronizadas fora da influência dos consumidores; estender a execução das análises a todos os fiambres (incluindo aqueles que não descoloram), realizar as análises dos fiambres ao mesmo tempo e se possível, para vários

dias ao longo do tempo de exposição do produto no linear, de forma a observar-se a evolução dos parâmetros analisados ao longo do tempo de exposição. Por outro lado, dever-se-à utilizar metodos de medição mais rigorosos como o método de avaliação de cor CIELab e a determinação analítica de oxigénio dentro da embalagem.

Tendo em conta o objectivo inicial deste estudo, e sabendo que não se pretende alterar o produto em si por razões comerciais, os resultados permitem avaliar de forma crítica as opções por outros tipos de embalagem (a adoptar pelos produtos de marca própria do distribuidor), supostamente benéficas para a manutenção da cor:

1. Colocação de protecções UV nas embalagens

Esta opção só é justificável se a protecção aos raios UV se traduzir numa eventual redução da transmitância através da embalagem, o que não é comprovado pelos fornecedores destas protecções. Por outro lado, esta opção é mais desfavorável em termos económicos.

2. Embalagens com filme superior impresso

Como foi verificado através dos resultados obtidos, as amostras apenas descoloraram na parte não impressa (transparente) das embalagens, uma vez que a pigmentação/colocação de rótulos diminui a transmissão de luz através da embalagem. As marcas de distribuição como a Eleclerc ou de produtores como a Campofrio comercializam os produtos embalados de charcutaria com filme superior impresso (ver imagens no Anexo VI). Neste caso o consumidor pode avaliar a cor do produto na parte inversa transparente da embalagem, sem que haja alteração de cor do produto quando exposto à iluminação. Para além disso, esta solução não envolve custos adicionais a serem sustentados pela empresa de distribuição. Assim, após o estudo efectuado, considera-se que a pigmentação/ colocação de rótulos no filme superior das embalagens de fiambre fatiado de marca própria da empresa de distribuição, é a solução mais exequível para a extensão do tempo de prateleira destes produtos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahvenainen, R., Skittä, E., & Kivikataja, R. (1989). Factor affecting the shelf-life of gas and vacuum-packaged cooked meat products. Part I: Sliced ham. *Lebensmittel Wissenschaft and Technologie*, 22, 391-398.
- Alface, J. (1997). Heme proteínas. In M. Halpern, *Bioquímica* (pp. 119-135). Lisboa: Lidel.
- Andersan, H. J., & Skibsted, L. H. (1992). Kinetics and mechanism of thermal oxidation and photooxidation of nitrosylmyoglobin in aqueous solution. *Journal Agriculture Food Chemistry*, 40, 1741-1750.
- Anónimo (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Development Core Team, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- Bard, J., & Townsend, W. E. (1960). Cured Meats. In J. F. Price, & B. S. Schweigert, *The Science of Meat and Meat Products*, 2ª edição (pp. 452-483). San Francisco: W. H. Freeman and Company.
- Brennan, J. G., & Day, B. P. (2006). Packaging. In J. G. Brennan, *Food Processing Handbook* (pp. 291-350). Weinheim, Germany: WILEY-VCH.
- Coles, R., McDowell, D., & Kirwan, M. J. (2003). *Food packaging technology*. Boca Raton: CRC Press. 346 pp.
- Faria, J. A., Felício, P. E., Neves, M. A., & Romano, M. A. (2001). Formação e estabilidade da cor de produtos cárneos curados. *Revista TeC Carnes*, 3(2), 16-22.
- Feiner, G. (2006). *Meat products handbook*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC. 648 pp.
- Fox, J. B. (1966). The Chemistry of Meat Pigments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 14(3), 207-310.
- Freixanet, L. (s/ data). *Aditivos e ingredientes en la fabricación de productos cárnicos cocidos de músculo entero*. Obtido em 4 de 10 de 2011a), de Metalquimia: <http://www.metalquimia.com/documents.php?idm=2&primer=15&doc=14>
- Freixanet, L. (s/ data). *Proceso de fabricación de productos cárnicos cocidos de músculo entero IV: Embutición y moldeo*. Obtido em 3 de 10 de 2011b), de Metalquimia: <http://www.metalquimia.com/documents.php?idm=2&primer=15&doc=12>
- Jakobsen, M., Jespersen, L., Dorte, J., Becker, E. M., & Risbo, J. (2005). Oxygen- and light-barrier properties of thermoformed packaging materials used for modified atmosphere packaging. Evaluation of performance under realistic storage conditions. *Packaging Technology and Science*, 18, 265-272.
- Judge, M., Alberle, E., & Forrest, J. (1989). *Principles of Meat Science*, 2ª edição. Duburque. Kendall/Hunt. 351 pp.

Kampschmidt, R. F. (1955). Effect of wave length of light on discoloration of cured meats. *Agricultural and Food Chemistry*, 3(6), 510-212.

Kropf, D. (22 de Abril de 2010). *Meat Display Lighting*. Obtido em 29 de Setembro de 2011, de eXtension: <http://www.extension.org/pages/27341/meat-display-lighting>

Lawrie, R. A., & Ledward, D. A. (2006). *Lawrie's meat science. Seventh edition*. Cambridge:Woodhead Publishing Limited. 442 pp.

Møller, J. K., Jakobsen, M., Weber, C. J., Martinussen, T., Skibsted, L. H., & Bertelsen, G. (2003). Optimisation of colour stability of cured ham during packaging and retail display by a multifactorial design. *Meat Science*, 63, 169-175.

Møller, J. K., Jensen, J. S., Olsen, M. B., Skibsted, L. H., & Bertelsen, G. (2000). Effect of residual oxygen on color stability during chill storage of sliced pasteurized ham packaged in modified atmosphere. *Meat Science*, 54, 399-405.

Møller, J., Jensen, C., & Bertelsen, G. (1999). Factors Affecting Discoloration of Cured Meat Products Packaged in Modified Atmosphere. *Seminar*. Copenhagen, Denmark: <http://www.nordicfoodpack.org/16043>.

Munk, M., Kevin, H., Bocxlaer, J., & Skibsted, L. (2010). Mechanism of light-induced oxidation of nitrosylmyoglobin. *Food chemistry*, 121(2), 472-479.

Nannerup, L. D., Jakobsen, M., Frans Van Den Berg, J., Møller, J. K., & Bertelsen, G. (2004). Optimizing colour quality of modified atmosphere packed sliced meat products by control of critical packaging parameters. *Meat Science*, 68, 577-585.

NP-1848 (1987) (2ª Edição). Carnes, derivados e produtos cárneos. Determinação do teor de azoto básico volátil total. Método das células de Conway. Instituto Português de Qualidade. Lisboa.

NP-4393 (2001). Fiambre. Definição e características. Instituto Português da Qualidade. Lisboa

NP 4405 (2002) (1ª Edição). Microbiologia alimentar. Regras gerais para contagem de microrganismos. Contagem de colónias a 30º C. Instituto Português de Qualidade. Lisboa.

OSRAM. (s/ data). Conceitos Luminotécnicos. *Catálogo informativo*.

Salavessa, J. J. (2009). Salsicharia tradicional da Zona de Pinhal. *Dissertação de doutoramento em Ciência e Tecnologia Animal*. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Sebranek, J. G., & Fox, J. B. (1985). A review of nitrite and chloride chemistry:interactions and implications for cured meats. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 36, 1169-1182.

Sebranek, J., & Houser, T. (2006). Modified Atmosphere Packaging. In L. M. Nollet, & F. Toldrá, *Advanced technologies for meat processing* (pp. 419-447). USA: CRC Press: Taylor & Francis Group.

Skibsted, L. H. (1992). Cured meat products and their oxidative stability. In D. E. Johnston, M. K. Knight, & D. A. Ledward, *The chemistry of muscle-based foods* (pp. 266-286). Cambridge: The Royal Society of Chemistry.

Solberg, M., & Franke, W. C. (1971). Photo sensitivity of fresh meat color in the visible spectrum. *Journal of Food Science*, 36, Issue 7, 990-993.

Teixeira, M. I. (2006). *Estabelecimento da validade de fiambres fatiados na loja*. Dissertação de Mestrado em Ciência e Engenharia dos Alimentos, Universidade Técnica de Lisboa.

Walsh, M. M., Kerry, J. F., Buckley, D. J., Arendt, E. K., & Morissey, P. A. (1998). Effect of Dietary Supplementation with α -Tocopheryl Acetate on the Stability of Reformed and Restructured Low Nitrite Cured Turkey Products. *MeatScience*, 50(2), 191-201.

Wirth, F. (1986). Curing: colour formation and colour retention in frankfurter-type sausages. *Fleischwirtschaft*, 66, pp.354-358.

ANEXOS

ANEXO I

Tabela 19. Lâmpadas utilizadas nos testes realizados e respectivas características.

Expositor	Iluminação Aplicada	Designação da lâmpada	Temperatura de cor (K)	IRC	Fluxo luminoso (lm)	Tipo de iluminação	Características
Horizontal	B1	Philips Master Colour 70W/830	3000	84	6600	Lâmpada de descarga compacta	Lâmpada de descarga compacta para iluminação generalista
	B2	Philips BBS490 DLED-3000 PSU-E GR	3000	80	2000	Projector LED	Ausência de emissão de radiação UV e IV
Vertical	A1	Philips Master TL5 HE 28 W/840	4000	85	2900	Tubular fluorescente	Lâmpada fluorescente para iluminação generalista
	A2	MASTER Led tube GA 22W/840	4000	85	1500	Tubular LED	Ausência de emissão de radiação UV e IV
	A3	Master TL-D Food Secura 36 W/79 SLV	3800	74	1700	Tubular fluorescente	Realça a cor vermelha dos produtos cárneos, redução de 90% da emissão de radiação UV, com capa protectora isolante

Alguns conceitos luminotécnicos (adaptado de OSRAM, s/ data):

- **Temperatura de cor** é a grandeza que expressa a aparência de cor da luz sendo a sua unidade o Kelvin (K). Quanto mais alta a temperatura de cor, mais branca é a cor da luz. A “luz quente” é a que tem aparência amarelada e temperatura de cor baixa (igual ou inferior a 3000 K). A “luz fria”, ao contrário, tem aparência azul-violeta e temperatura de cor elevada (igual ou superior a 6000 K). A “luz branca natural” é aquela emitida pelo sol em céu aberto ao meio dia, cuja temperatura de cor é de 5800 K;
- **Índice de reprodução de cor (IRC)** é a medida de correspondência entre a cor real de um objecto ou superfície e a sua aparência diante de uma fonte de luz. A luz artificial, como regra, deve permitir ao olho humano perceber as cores correctamente, ou o mais próximo possível da luz natural. Lâmpadas com IRC de 100 apresentam as cores com total fidelidade e precisão. Quanto mais baixo o índice, mais deficiente é a reprodução de cores. Os índices variam conforme a natureza da luz e são indicados de acordo com o uso de cada ambiente.
- **Fluxo luminoso (F)** refere-se à quantidade total de luz emitida por uma fonte e a unidade de medida é o lúmen (lm).

ANEXO II

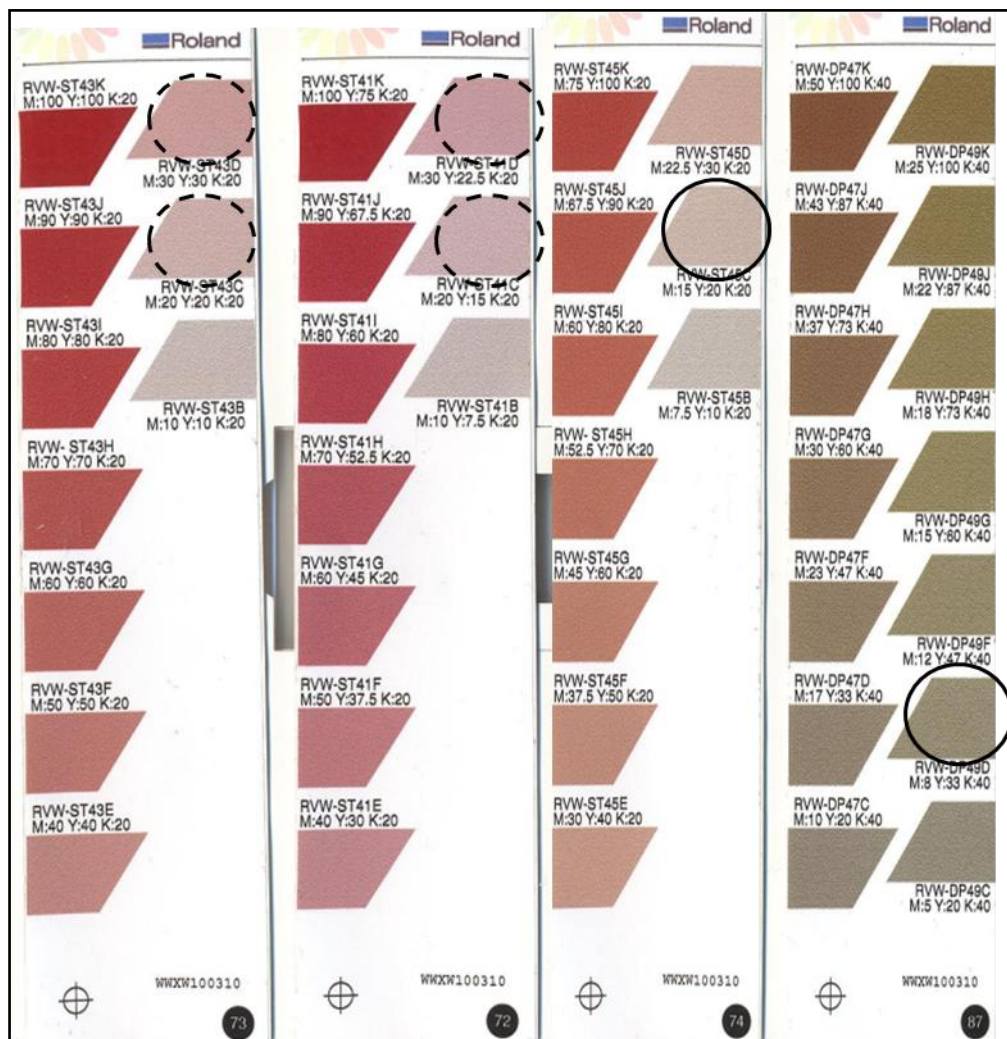


Figura 16. Pantone utilizado na avaliação diária do aspecto macroscópico do produto e cores normalmente verificadas nas amostras em t_0 (círculos a tracejado) e t_{final} (círculos preenchidos).

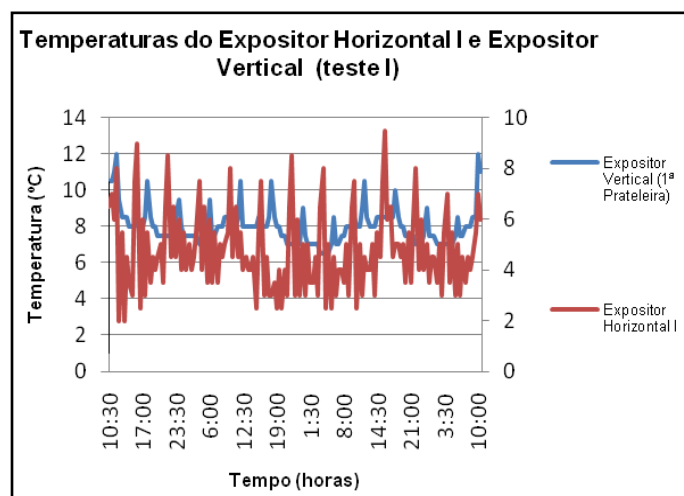


Figura 17. Temperaturas do expositor horizontal e vertical (primeira prateleira) medidas por datalogger em aproximadamente um dia.

ANEXO III

Tabela 20. Dados relativos ao tempo de descoloração para os valores de iluminância e temperatura dos fiambres *Finíssimos*.

TEMPO (Y)	ILUMINÂNCIA (X)	TEMPERATURA (X)
40	0	4,7
40	0	4,7
45	0	4,7
45	0	4,7
5	23	5,5
5	23	5,5
3	45	1,2
3	45	1,2
2	45	1,2
6	45	1,2
2	63	7,7
2	63	7,7
2	63	7,7
2	73	4,8
3	73	4,8
2	73	4,8
2	73	4,8
2	77	6,2
2	77	6,2
2	77	6,2
1	83	4,3
1	83	4,3
2	83	4,3
1	83	4,3
1	83	1,2
1	83	1,2
1	83	1,2
1	83	1,2
1	85	3,7
1	85	3,7
1	99	5,2
1	99	5,2
2	99	5,2
1	99	5,2
1	101	3,9
1	101	3,9
1	101	3,9
1	101	3,9
1	141	7
1	141	7
1	142	5,9
1	142	5,9
1	142	5,9
1	142	5,9
1	148	6
1	148	6
1	148	6
1,5	148	6
1	155	4,5
1	155	4,5
1	155	4,5
1	155	4,5
1	177	8,3

1	177	8,3
1	177	8,3
1	177	8,3
1	178	4,3
1	178	4,3
1	178	4,3
1	178	4,3

Tabela 21. Dados relativos ao tempo de descoloração para os valores de iluminância e temperatura dos fiambres Fatiados.

TEMPO (Y)	ILUMINÂNCIA (X)	TEMPERATURA (X)
40	0	4,7
30	0	4,7
1	63	7,7
3	73	4,8
4	83	4,3
2	83	1,2
1	85	3,7
1	99	5,2
1	101	3,9
1	142	5,9
17	148	6
7	155	4,5
2	177	8,3
1	178	4,3

ANEXO IV

Tabela 22. Resultados microbiológicos e físico-químicos do teste I (lâmpada existente).

Análises realizadas	Amostra	t ₀	Expositor Vertical		Expositor Horizontal I	
			t _{final}		t _{final}	
			Camada frente	Camada atrás	Camada frente	Camada atrás
ABVT (mg/100g)	MP1	16	16	_1	16	_1
	MF1	16	14	_1	14	_1
	MP5	14	18	_1	18	_1
	MF5	13	19	_1	19	_1
	MP6	18	_2	_1	_2	_1
	MP7	15	13	_1	15	_1
	MP1	<1,0e+1	1,3e+3	_1	1,3e+3	_1
Microrganismos a 30°C (col./g)	MF1	2,7e+2	4,3e+2	_1	4,3e+2	_1
	MP5	7,5e+2	6,3e+4	_1	6,3e+4	_1
	MF5	6,3e+3	2,7e+6	_1	2,7e+6	_1
	MP6	<1,0e+3	_2	_1	_2	_1
	MP7	2,6e+2	2,47e+7	_1	2,8e+3	_1

¹ A existência de um traço horizontal significa que não foi feita a análise. ² As amostras não descoloraram e por isso não foram enviadas para análise.

Tabela 23. Resultados microbiológicos e físico - químicos do teste II (lâmpada LED).

Análises realizadas	Amostra	t ₀	Expositor Horizontal I		Expositor Vertical	
			t _{final}		t _{final}	
			Camada frente	Camada atrás	Camada frente	Camada atrás
ABVT (mg/100g)	MP1	15	15	16	15	17
	MF1	16	18	16	16	18
	MP5	20	.. ¹	.. ¹	21	21
	MF5	20	.. ¹	.. ¹	17	17
	MP6	17	.. ²	.. ²	.. ²	.. ²
	MP7	16	15	16	16	15
	MP1	2,0e+1	<1,0e+1	<1,0e+1	<1,0e+1	<1,0e+1
Microrganismos a 30°C (col./g)	MF1	2,0e+1	<1,0e+1	<1,0e+1	<1,0e+1	<1,0e+1
	MP5	2,0e+2	.. ¹	.. ¹	1,8e+5	6,6e+5
	MF5	3,8e+5	.. ¹	.. ¹	4,8e+6	1,86e+4
	MP6	8,9e+4	.. ²	.. ²	.. ²	.. ²
	MP7	9,3e+4	8,5e+3	9,9e+3	8,5e+6	3,9e+6

¹ A existência de um traço horizontal significa que não foi feita a análise (não havia amostras MP5 e MF5 em stock para realização do teste no expositor horizontal I). ² As amostras não descoloraram e por isso não foram enviadas para análise.

Tabela 24.Resultados ABVT (Azoto básico volátil total) para o teste III (teste prateleiras) realizado em Expositor Vertical.

Prateleira	Amostra	t ₀ (mg/100g)	t _{final} (mg/100g)	
			Camada frente	Camada atrás
1ªPrateleira¹	MP5	24	20	15
	MF5	17	20	19
	MP1	18	16	17
	MF1	18	18	16
2ªPrateleira	MP5	24	20	20
	MF5	17	19	19
	MP6	18	_ ²	_ ²
	MP7	17	_ ²	_ ²
	MP1	18	18	36
	MF1	18	17	19
	MP5	24	20	19
3ªPrateleira	MF5	17	20	17
	MP6	18	_ ²	_ ²
	MP7	17	_ ²	_ ²
	MP1	18	17	17
	MF1	18	18	19
	MP5	24	20	19
	MF5	17	21	12
4ªPrateleira	MP6	18	_ ²	_ ²
	MP7	17	17	17
	MP1	18	20	20
	MF1	18	18	15
	MP5	24	20	19
	MF5	17	19	20
	MP6	18	_ ²	_ ²
5ªPrateleira	MP7	17	17	19
	MP1	18	17	18
	MF1	18	15	15
	MP5	24	19	16
	MF5	17	19	17
	MP6	18	_ ²	_ ²
	MP7	17	16	18
6ªPrateleira				

¹ As amostras MP1,MF1,MP6 e MP7 não foram analisadas na 1ª prateleira devido à inexistência de espaço nesta por isso não se encontram presentes nos resultados. ² As amostras não descoloraram e por isso não foram enviadas para análise.

Tabela 25. Resultados contagem de microrganismos a 30°C para o teste III (teste prateleiras) realizado em Expositor Vertical.

Prateleira	Amostra	t ₀ (col./g)	t _{final} (col./g)	
			Camada frente	Camada atrás
1ª Prateleira ¹	MP5	2,1e+5	1,2e+7	7,1e+6
	MF5	6,2e+7	9,6e+7	8,5e+7
	MP1	<1,0e+1	<1,0e+1	<1,0e+1
	MF1	4,0e+1	2,9e+3	< 1,0e+1
2ª Prateleira	MP5	2,1e+5	4,7e+6	1,5e+7
	MF5	6,2e+7	7,2e+7	4,3e+7
	MP6	1,10e+7	- ²	- ²
	MP7	3,0e+5	- ²	- ²
3ª Prateleira	MP1	<1,0e+1	<1,0e+1	7,1e+4
	MF1	4,0e+1	1,2e+2	< 1,0e+1
	MP5	2,1e+5	9,9e+6	2,0e+5
	MF5	6,2e+7	4,9e+7	3,6e+7
4ª Prateleira	MP6	1,10e+7	- ²	- ²
	MP7	3,0e+5	- ²	- ²
	MP1	<1,0e+1	<1,0e+1	<1,0e+1
	MF1	4,0e+1	1,1e+2	< 1,0e+1
5ª Prateleira	MP5	2,1e+5	2,7e+6	8,5e+5
	MF5	6,2e+7	3,1e+7	8,6e+7
	MP6	1,10e+7	- ²	- ²
	MP7	3,0e+5	2,3e+4	3,2e+4
6ª Prateleira	MP1	<1,0e+1	6,5e+3	<1,0e+1
	MF1	4,0e+1	< 1,0e+1	< 1,0e+1
	MP5	2,1e+5	5,2e+5	2,3e+6
	MF5	6,2e+7	1,9e+7	4,2e+7
7ª Prateleira	MP6	1,10e+7	- ²	- ²
	MP7	3,0e+5	2,0e+8	1,6e+7
	MP1	<1,0e+1	1,4e+3	<1,0e+1
	MF1	4,0e+1	< 1,0e+1	< 1,0e+1
8ª Prateleira	MP5	2,1e+5	5,9e+6	8,1e+5
	MF5	6,2e+7	3,0e+7	4,8e+7
	MP6	1,10e+7	- ²	- ²
	MP7	3,0e+5	1,3e+5	7,7e+2

¹ As amostras MP1, MF1, MP6 e MP7 não foram analisadas na 1ª prateleira devido à inexistência de espaço nesta por isso não se encontram presentes nos resultados. ² As amostras não descoloraram e por isso não foram enviadas para análise.

Tabela 26. Resultados microbiológicos e físico-químicos do teste IV (lâmpada “cárneos”).

Expositor Vertical				
Análises realizadas	Amostra	t ₀	Média (t _{final})	
			Camada frente	Camada atrás
ABVT (mg/100g)	MP1	17	18	16
	MF1	17	18	17
	MP5	21	20	21
	MF5	21	._1	._1
	MP6	18	._2	._2
	MP7	19	18	18
	MP1	<1,0e+1	<1,0e+1	<1,0e+1
Microrganismos a 30°C (col./g)	MF1	<1,0e+1	<2,0e+1	7,5e+1
	MP5	4,0e+7	3,0e+7	5,7e+7
	MF5	3,6e+2	._1	._1
	MP6	< 1,0e+1	._2	._2
	MP7	7,0e+1	3,8e+7	6,3e+7

¹ A existência de um traço horizontal significa que não foi feita a análise (a amostra MF5 desapareceu). ² As amostras não descoloraram e por isso não foram enviadas para análise.

Tabela 27. Resultados microbiológicos e físico-químicos do teste V (“ilha” situada debaixo de clarabóia).

Expositor Horizontal II				
Análises realizadas	Amostra	t ₀	t _{final}	
			Camada frente	Camada atrás
ABVT (mg/100g)	MP1	18	17	20
	MF1	18	18	18
	MP5	20	18	19
	MF5	20	20	19
	MP6	16	._2	._2
	MP7	18	18	20
	MP1	5,8e+3	3,7e+3	5,4e+2
Microrganismos a 30°C (col/g)	MF1	< 1,0e+1	8,0e+1	< 1,0e+1
	MP5	2,0e+2	3,4e+2	4,6e+2
	MF5	3,8e+5	2,0e+4	9,5e+6
	MP6	2,7e+5	._2	._2
	MP7	2,8e+6	1,6e+8	3,8e+8

² As amostras não descoloraram e por isso não foram enviadas para análise.

Tabela 28. Resultados microbiológicos e físico-químicos do teste VI (expositor situado debaixo de tecto falso).

Expositor Horizontal III

Análises realizadas	Amostra	t ₀	Lâmpada descarga compacta (B1)		Projector Led (B2)	
			t _{final}		t _{final}	
			Camada frente	Camada atrás	Camada frente	Camada atrás
ABVT (mg/100g)	MP1	18	17	20	20	16
	MF1	18	18	18	15	17
	MP5	20	22	19	18	19
	MF5	20	18	18	18	18
	MP6	16	..2	..2	..2	..2
	MP7	21	16	19		
	MP1	5,8e+3	6,1e+2	7,7e+7	2,7e+3	2,8e+6
Microrganismos a 30°C (col./g)	MF1	< 1,0e+1	<1,0e+1	9,0e+1	2,4e+2	1,0e+3
	MP5	2,0e+2	1,1e+2	4,0e+1	2,2e+2	1,4e+3
	MF5	3,8e+5	7,7e+3	1,9e+4	9,0e+6	2,1e+7
	MP6	2,7e+5	..2	..2	..2	..2
	MP7	3,8e+7	3,6e+7	1,7e+8	..2	..2

² As amostras não descoloraram e por isso não foram enviadas para análise.

Tabela 29. Resultados microbiológicos e físico-químicos do teste VII (expositor vertical com iluminação apagada).

Expositor Vertical

Análises realizadas	Amostra	t ₀	1ª Prateleira		6ª Prateleira	
			t _{final}		t _{final}	
			Camada frente	Camada atrás	Camada frente	Camada atrás
ABVT (mg/100g)	MP1	15	16	14	15	15
	MF1	15	..2	..2	18	17
	MP5	24	15	18	17	17
	MP6	15	..2	..2	..2	..2
	MP7	17	..1	..1	..1	..1
	MP1	2,0e+1	< 1,0e+1	4,2e+2	< 1,0e+1	< 1,0e+1
	MF1	4,6e+2	..2	..2	< 1,0e+1	< 1,0e+1
Microrganismos a 30°C (col./g)	MP5	3,4e+5	3,9e+6	4,3e+7	1,6e+2	2,6e+5
	MP6	2,3e+4	..2	..2	..2	..2
	MP7	2,8e+6	..1	..1	..1	..1

¹ A existência de um traço horizontal significa que não foi feita a análise (MP7 desapareceu do linear). ² As amostras não descoloraram e por isso não foram enviadas para análise.

ANEXO V

- I. Para todos os fiambres (MP1,MP1,MP5,MP5,MP7) e lâmpadas (“Existente” e “LED”), com e sem tratamento (teste realizado no expositor vertical).

– **Factores:** Fiambres (5 níveis), lâmpadas (2 níveis) e tratamento (2 níveis).

Tabela 30. ANOVA: factores (Fiambre, lâmpada e tratamento) e variável resposta (log (AT)).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Fiambre	4	230.613	57.653	4.9468	0.01204
Lâmpada	1	5.192	5.192	0.4455	0.51614
Tratamento	1	53.942	53.942	4.6284	0.05083
Residuals	13	151.510	11.655		

Tabela 31. ANOVA: factores (Fiambre, lâmpada e tratamento) e variável resposta (ABVT).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Fiambre	4	30.7	7.6750	1.9757	0.15778
Lâmpada	1	16.2	16.2000	4.1703	0.06197
Tratamento	1	0.8	0.80000	0.2059	0.65745
Residuals	13	50.5	3.8846		

- II. Para os fiambres MP1 e MP5 e todas as lâmpadas, com e sem tratamento (teste realizado no expositor vertical).

– **Factores:** Fiambres (2 níveis), lâmpadas (4 níveis) e tratamento (2 níveis).

Tabela 32. ANOVA: factores (Fiambre, lâmpada e tratamento) e variável resposta (log (AT)).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Fiambre	1	247.902	247.902	20.5222	0.001924
Lâmpada	3	46.297	15.432	1.2775	0.346092
Tratamento	1	13.703	13.703	1.1344	0.317930
Residuals	8	96.638	12.080		

Tabela 33. ANOVA: factores (Fiambre, lâmpada e tratamento) e variável resposta (ABVT).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Fiambre	1	30.006	30.0060	4.3178	0.07134
Lâmpada	3	27.542	9.1806	1.3211	0.33346
Tratamento	1	2.571	2.5714	0.3700	0.55986
Residuals	8	55.595	6.9494		

III. Para os fiambres MP1,MF1,MP5 e MF5, para as lâmpadas “Existente” e “Led”, com e sem tratamento (teste realizado no expositor horizontal III).

- **Factores:** Fiambres (4 níveis), lâmpada.camada.tratamento (5 níveis).

Tabela 34. ANOVA: factores (fiambre, lâmpada.camada.tratamento) e variável resposta (log (AT)).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Fiambre	3	273.797	91.266	11.065	0.000903
Lampada.camada.tratamento	4	76.181	19.045	2.309	0.117521
Residuals	12	98.980	8.248		

Tabela 35. ANOVA: factores (fiambre, lâmpada.camada.tratamento) e variável resposta (ABVT).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Fiambre	3	14.55	4.8500	2.3563	0.1232
Lampada.camada.tratamento	4	7.30	1.8250	0.8866	0.5010
Residuals	12	24.70	2.0583		

IV. Para os fiambres MP1,MF1,MP5 e MF5 e para as prateleiras (da 2ª prateleira à 6ª prateleira), com e sem tratamento.

- **Factores:** Fiambres (4 níveis), prateleira.camada.tratamento (11 níveis).

Tabela 36. ANOVA: factores (fiambre, prateleira.camada.tratamento) e variável resposta (log (AT)).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Fiambre	3	1698.94	566.31	118.3001	<2e-16
Prateleira.camada.tratamento	10	20.98	2.10	0.4383	0.9154
Residuals	30	143.61	4.79		

Tabela 37. ANOVA: factores (fiambre, prateleira.camada.tratamento) e variável resposta (ABVT).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Fiambre	3	46.82	15.606	1.4420	0.2502
Prateleira.camada.tratamento	10	111.14	11.114	1.0269	0.4453
Residuals	30	324.68	10.823		

V. Para os fiambres MP1,MF1,MP5 e MF5 e para as camadas da frente e atrás.

- **Factores:** Fiambres (4 níveis), camadas (2 níveis).

Tabela 38. ANOVA: factores (fiambre,camada) e variável resposta (log (AT)).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Fiambre	3	1541.19	513.73	120.4122	<2e-16
Camada	1	6.43	6.43	1.5075	0.2277
Residuals	35	149.32	4.27		

Tabela 39. ANOVA: factores (fiambre,camada) e variável resposta (ABVT).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Fiambre	3	39.87	13.292	1.1344	0.3486
Camada	1	0.03	0.025	0.0021	0.9634
Residuals	35	410.07	11.716		

VI. Para os fiambres MP1,MF1,MP5 e MF5 e Expositores Horizontal II e III, com e sem tratamento.

- **Factores:** Fiambres (4 níveis), expositor.camada.tratamento (5 níveis).

Tabela 40. ANOVA: factores (fiambre, expositor.camada.tratamento) e variável resposta (log (AT)).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Fiambre	3	354.95	118.315	13.8814	4.014e-05
Expositor.camada.tratamento	4	52.01	13.001	1.5254	0.2328
Residuals	20	170.47	8.523		

Tabela 41. ANOVA: factores (fiambre, expositor.camada.tratamento) e variável resposta (ABVT).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Fiambre	3	12.857	4.2857	2.2399	0.1150
Expositor.camada.tratamento	4	3.732	0.9330	0.4876	0.7447
Residuals	20	38.268	1.9134		

ANEXO VI



Figura 18.Exemplo de embalagens com filme superior da marca Campofrio.



Figura 19.Exemplo de embalagens com filme superior impresso da marca própria do Eleclerc.